



## **TUGAS AKHIR- TL141584**

### **STUDI MATERIAL BIOKOMPOSIT UNTUK APLIKASI BAHAN AKUSTIK DENGAN Matriks *POLYESTER* BERPENGUAT SERAT ALAM**

Muh. Dede Pramono  
NRP. 2711 100 007

Dosen Pembimbing  
Ir. Moh. Farid , DEA  
Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si

**Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*



**FINAL PROJECT- TL141584**

**STUDY OF BIOCOMPOSITE MATERIALS FOR  
ACCOUSTIC MATERIAL APPLICATION WITH  
*POLYESTER* MATRIKS REINFORCED NATURAL FIBER**

Muh. Dede Pramono  
NRP. 2711 100 007

Advisor  
Ir. Moh. Farid , DEA  
Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si

**DEPARTMENT OF MATERIALS AND METALLURGICAL  
ENGINEERING  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

**STUDI MATERIAL BIOKOMPOSIT UNTUK  
APLIKASI BAHAN AKUSTIK DENGAN MATRIKS  
POLYESTER BERPENGUAT SERAT ALAM**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Material Dan Metalurgi

Pada

Bidang Studi Material Inovatif

Jurusan Teknik Material Dan Metalurgi

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

Muh. Dede Pramono

NRP. 2711 100 007

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

Ir.Moh. Farid, DEA.....(Pembimbing I)

Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si.....(Pembimbing II)



# **STUDI MATERIAL BIOKOMPOSIT UNTUK APLIKASI BAHAN AKUSTIK DENGAN MATRIKS POLYESTER BERPENGUAT SERAT ALAM**

Nama Mahasiswa : M. Dede Pramono  
NRP : 2711 100 007  
Jurusan : Teknik Material dan Metalurgi  
Dosen Pembimbing : Ir. Moh. Farid, DEA  
Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si

## **ABSTRAK**

*Penelitian ini dilakukan untuk menganalisa material biokomposit dengan matriks polyester berpenguat serat alam untuk bahan penyerap suara. Permasalahan yang dikaji adalah untuk mengetahui hubungan komposisi serat ampas tebu, serat rami dan serat bambu bermatrik polyester pada komposit terhadap nilai koefisien absorpsi suara ( $\alpha$ ), kekuatan lenturnya, densitas, ikatan kimia yang terbentuk serta struktur morfologinya. Komposisi yang digunakan adalah 30% serat : 70% matriks. Tujuannya untuk mendapatkan hubungan nilai koefisien absorpsi suara, kuat lentur, densitas, ikatan kimia dan struktur yang terbentuk dengan komposisi yang diberikan serta aplikasinya dalam material penyerap suara yang memenuhi standar ISO 11654. Metode yang digunakan adalah hand lay-up. Metode pengujian berdasarkan standar ASTM E1050, ASTM D790, ASTM C271-99, ASTM E1252 dan ASTM E2809. Dari hasil pengujian didapatkan nilai koefisien absorpsi suara dari ketiga parameter memenuhi standar ISO 11654 dengan nilai koefisien  $\alpha$  rata-rata lebih besar dari 0,3 pada frekuensi 250-4000 Hz. Dari hasil pengujian lentur didapatkan hasil terbaik pada komposisi dengan dominasi serat tebu dengan 261,66 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk pengujian FTIR, terbukti bahwa tidak terdapat ikatan kimia antara matriks dan penguat.*

**Kata kunci** :*polyester*, rami, serat ampas tebu, serat bambu betung, koefisien absorpsi, kuat lentur, densitas, FTIR, SEM.

# **STUDY OF BIOCOMPOSITE MATERIALS FOR ACCOUSTIC MATERIAL APPLICATION WITH POLYESTER MATRIKS REINFORCED NATURAL FIBER.**

Name : M. Dede Pramono  
NRP : 2711 100 007  
Departement : Material dan Metallurgical Engineering  
Advisor : Ir. Moh. Farid, DEA  
Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si

## **ABSTRACT**

*This study has done to analyze polyester matrix biocomposite material with natural fibers for sound absorbing material. The problem studied was to determine the correlation between the composition of bagasse fiber, flax fiber and bamboo fiber in the biocomposite polyester matrix on the value of the sound absorption coefficient ( $\alpha$ ), the bending strength, density, chemical bonding and the morfology structure is formed. The composition used is 30% fiber: matrix 70. The goal was to gain exposure value of sound absorption coefficient, flexural strength, density, chemical bonding and morfology structure formed with given composition and their application in sound absorbing material that meets the standards of ISO 11654. The method was hand lay- up. Testing methods based on standard ASTM E1050, ASTM D790, ASTM C271-99, ASTM E1252 and ASTM E2809. From the test results obtained sound absorption coefficient of the three parameters meet ISO 11654 with the value of the average coefficient  $\alpha$  greater than 0.3 in the 250-4000 Hz frequency. The best result of bending test was 261.66 kg / cm<sup>2</sup>. FTIR test proved that there was no chemical bond between the matrix and reinforcement.*

**Keywords:** polyester, rami fiber, bagasse fiber, betung bamboo fiber, the absorption coefficient, bending strength, density, FTIR, SEM



*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, Allah SWT atas berkat, rahmat, nikmat, serta ridha-Nya yang berupa kesempatan dan kesehatan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir pada jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS dengan judul:

**STUDI MATERIAL BIOKOMPOSIT UNTUK APLIKASI BAHAN AKUSTIK DENGAN MATRIKS *POLYESTER* BERPENGUAT SERAT ALAM**

sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T.)

Tak lupa juga penulis curahkan Shalawat serta Salam kepada Rasulullah Muhammad SAW, keluarga serta para sahabatnya yang senantiasa turut berjuang di jalan Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan rasa terima kasih dengan dalam kepada semua pihak yang telah memberi dukungan, bimbingan, dan kesempatan kepada penulis hingga tugas akhir ini dapat diselesaikan dengan memuaskan.

1. Orang tua dan saudara kandung penulis, Bapak M. Amin dan Ibu Tuti Rahayu serta Nurkholis Bukhori dan Tri Febrianti yang selalu mengingatkan penulis, memberikan nasihat serta doa.
2. Bapak Ir.Moh.Farid, DEA dan Bapak Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir yang sabar dalam memberikan arahan dan telah memberikan ilmu, bimbingan serta wawasan.

3. Bapak Dr. Lukman Noeroochim, S.T, MSc.Eng selaku Dosen Wali penulis pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
4. Bapak Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng selaku Ketua Jurusan pada Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS.
5. Bapak dan Ibu Dosen dan karyawan yang telah membantu membimbing penulis selama menimba ilmu di ITS.
6. M. Zaki Hauna, Yudha Mahendra Agni, Rifqi Aulia Tanjung yang telah meramaikan Lab menjadi camp dan pasar malam, Mustamir Abdillah yang mengganggu dan menghasut saya dalam mengerjakan tugas akhir, Hizkia Eben Haezer A.P.A yang menjadi teman seperjuangan dan memberi motivasi, Auliya Rahman sebagai kakak tingkat seperjuangan tugas akhir yang entah kemana, dan Nabilla Sabrina sebagai teman seperjuangan tugas akhir serta adik – adik MT 14 yang berada dalam satu dosen pembimbingan yang selalu membantu saya.
7. Keluarga HMMT khususnya MT 10, MT 11, MT 12, MT 14, MT 15 dan MT 16 yang telah meramaikan kehidupan penulis selama berada di kampus
8. Keluarga MT 13 yang selalu membantu, menemani, memotivasi penulis sejak mahasiswa baru hingga penulisan tugas akhir ini.
9. Dan seluruh pihak yang telah memberikan partisipasi atas penulisan tugas akhir ini yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL.....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xix</b>

### **BAB I PENDAHULUAN**

1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Batasan Penelitian .....	4
1.5 Manfaat Penelitian .....	4

### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

2.1 Serat .....	5
2.1.1 Klasifikasi Serat Alam pada Komposit.....	6
2.2 Komposit .....	9
2.2.1 Klasifikasi Komposit .....	11
2.2.1 Material Komposit Partikulat.....	13
2.2.3 Material Komposit Laminar.....	14
2.3 Polyester .....	15
2.4 Rami .....	18
2.5 Tebu .....	20
2.5.1. Ampas Tebu .....	20
2.6 Bambu .....	22
2.6.1 Bambu Betung .....	23
2.7 Lignin.....	25
2.8. Bunyi, Gelombang dan Suara serta Kebisingan	30
2.8.1 Bunyi.....	26
2.8.2 Gelombang.....	27

2.8.3 Suara .....	30
2.8.4 Kebisingan .....	31
2.9 Koefisien Serap Bunyi .....	33
2.10 Penelitian Sebelumnya .....	37

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Diagram Alir Penelitian .....	41
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian .....	42
3.2.1 Bahan Penelitian .....	42
3.2.2 Peralatan Penelitian .....	44
3.3 Variabel Penelitian .....	48
3.4 Rancangan Penelitian .....	49
3.5 Pelaksanaan Penelitian .....	49
3.5.1 Persiapan Bahan .....	49
3.5.1.1 Pengolahan Serat Ampas Tebu .....	49
3.5.1.2 Pengolahan Serat Bambu Betung .....	50
3.5.1.3 Pengolahan Serat Rami .....	50
3.5.1.4 Pembuatan Cetakan .....	51
3.5.1.5 Pembuatan Komposit .....	51
3.5.2 Pengujian Sampel .....	51
3.5.2.1 Pengujian Koefisien Serap Suara .....	51
3.5.2.2 Pengujian Lentur .....	54
3.5.2.3 Pengujian SEM .....	55
3.5.2.4 Pengujian Densitas .....	56
3.5.2.3 Pengujian FTIR .....	57

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Komposisi Komposit dalam membuat spesimen	59
4.2 Pengujian Suara .....	59
4.2.1 Hasil Pengujian Suara .....	60
4.3 Pengujian Lentur .....	64
4.3.1 Hasil Pengujian Lentur .....	65
4.4 Perhitungan Densitas .....	66
4.4.1 Hasil Pengujian Densitas .....	67
4.5 Pengujian FTIR .....	69

4.5.1 Hasil Pengujian FTIR Spesimen I.....	69
4.5.2 Hasil Pengujian FTIR Spesimen II .....	71
4.5.3 Hasil Pengujian FTIR Spesimen III.....	72
4.5.4 Hasil Pengujian FTIR Spesimen IV.....	73
4.5.5 Hasil Pengujian FTIR Spesimen V .....	75
4.5.6 Hasil Perbandingan Spesimen FTIR.....	76
4.6 Pengujian SEM .....	77
4.6.1 Hasil Pengujian SEM.....	77

## **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Kesimpulan .....	81
5.2 Saran .....	81

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>xxi</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BIOGRAFI.....</b>	<b>xli</b>

*(Halaman ini sengaja dikosongkan)*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Produksi Serat.....	5
Gambar 2.2	Tipe Komposit Serat.....	8
Gambar 2.3	Discontinous Fibre Composite .....	8
Gambar 2.4	Tipe Komposit Berdasarkan Struktur .....	12
Gambar 2.5	Komposit Partikulat.....	13
Gambar 2.6	Komposit Laminar.....	15
Gambar 2.7	Struktur dan Gambar Polyester.....	17
Gambar 2.8	Tanaman Rami dan Serat Rami .....	18
Gambar 2.9	Tanaman Tebu .....	20
Gambar 2.10	Ampas Tebu.....	21
Gambar 2.11	Bambu betung dan Seratnya .....	23
Gambar 2.12	Penampang Melintang Serat Bambu .....	24
Gambar 2.13	Struktur Kimia Lignin .....	25
Gambar 2.14	Gelombang Transversal .....	28
Gambar 2.15	Gelombang Longitudinal .....	29
Gambar 2.16	Pemantulan dan Penyerapan Bunyi .....	36
Gambar 2.17	Fenomena transmisi dan absorpsi suara .....	37
Gambar 2.18	Mekanisme absorpsi suara.....	37
Gambar 3.1	Diagram Alir.....	41
Gambar 3.2	Serat Ampas Tebu .....	42
Gambar 3.3	Serat Bambu Betung.....	42
Gambar 3.4	Serat Rami .....	43
Gambar 3.5	NaOH.....	43
Gambar 3.6	Resin Polyester .....	44
Gambar 3.7	Gergaji .....	44
Gambar 3.8	Cetakan .....	45
Gambar 3.9	Timbangan .....	45
Gambar 3.10	Meteran dan Jangka Sorong.....	46
Gambar 3.11	Gelas Kimia .....	46
Gambar 3.12	Pencacah .....	47
Gambar 3.13	Mesin Sieving.....	47
Gambar 3.14	Mesin Gerinda .....	48
Gambar 3.15	Visualisasi Alat Uji Absorpsi .....	52



Gambar 3.16	Rangkaian Sistem Uji Absorbsi.....	52
Gambar 3.17	Spesimen Uji Absorbsi Suara .....	53
Gambar 3.18	Dimensi Spesimen Uji Lentur .....	54
Gambar 3.19	Alat Uji Lentur.....	54
Gambar 3.20	Spesimen Uji Lentur.....	55
Gambar 3.21	Rangkaian Alat SEM.....	56
Gambar 3.22	Rangkaian Uji FTIR .....	57
Gambar 3.23	Spesimen Pengujian FTIR .....	58
Gambar 4.1	Grafik Hasil Pengujian Absorbsi Suara.....	61
Gambar 4.2	Grafik Kekuatan Uji Lentur.....	65
Gambar 4.3	Grafik Uji Densitas .....	68
Gambar 4.4	Hasil Uji FTIR pada 100% PE.....	69
Gambar 4.5	Hasil Uji FTIR pada 70% PE+10R10B10T .	71
Gambar 4.6	Hasil Uji FTIR pada 70% PE+20R5B5T	72
Gambar 4.7	Hasil Uji FTIR pada 70% PE+5R20B5T	73
Gambar 4.8	Hasil Uji FTIR pada 70% PE+5R5B20T	75
Gambar 4.9	Perbandingan Hasil FTIR antar Spesimen yang Diuji.....	76
Gambar 4.10	Hasil Pengujian SEM pada perbesaran 3000x dan 7000x pada spesimen 70%P +10%R 10%B 10%T .....	77
Gambar 4.11	Hasil Pengujian SEM pada perbesaran 1000x dan 4000x pada spesimen 70%P+5%R5%B 20%T .....	77

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Keuntungan dan Kerugian Komposit .....	11
Tabel 2.2 Spesifikasi Polyester .....	17
Tabel 2.3 Kandungan Lignoselulosa pada Baggasse .....	22
Tabel 2.4 Jarak Rentang Frekuensi Sumber Bunyi .....	29
Tabel 2.5 Keputusan Menteri negara lingkungan hidup Nomor : KEP-48/MENLH/11/1996 Tentang Baku tingkat kebisingan .....	32
Tabel 2.6 Keputusan Menteri negara lingkungan hidup Nomor : KEP-48/MENLH/11/1996 batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan .....	32
Tabel 2.7 Koefisien Penyerapan Bunyi Bahan Akustik .....	34
Tabel 2.8 Penelitian Sebelumnya .....	38
Tabel 3.1 Rancangan penelitian .....	49
Tabel 4.1 Komposisi yang Digunakan dalam Membuat Spesimen Percobaan.....	59
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Absorpsi Suara .....	61
Tabel 4.3 Hasil Pengujian Kuat Lentur .....	65
Tabel 4.4 Massa Jenis Matriks dan Serat Sebelum Dicampurkan Menjadi Komposit.....	67
Tabel 4.5 Massa Jenis Spesimen Setelah Matriks dan Serat Dicampurkan Menjadi Komposit .....	68
Tabel 4.6 Peningkatan Densitas pada Komposit .....	69
Tabel 4.7 Daerah serapan <i>Wave Number</i> 100% PE .....	70
Tabel 4.8 Daerah serapan <i>Wave Number</i> 100% PE+ 10R10B10T .....	71
Tabel 4.9 Daerah serapan <i>Wave Number</i> 100% PE+ 20R5B5T .....	72
Tabel 4.10 Daerah serapan <i>Wave Number</i> 100% PE+ 5R20B5T .....	74
Tabel 4.11 Daerah serapan <i>Wave Number</i> 100% PE+ 5R5B20T .....	75

*(halaman ini sengaja dikosongkan)*

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pencemaran suara adalah suatu keadaan dimana suara yang masuk terlampau banyak sehingga menimbulkan gangguan kenyamanan lingkungan manusia. Polusi suara atau pencemaran suara dapat disebabkan suara yang mempunyai level volume tinggi, membuat daerah sekitarnya menjadi bising dan tidak menyenangkan. Tingkat kebisingan terjadi jika intensitas bunyi melampaui 70 desibel (dB). Misalnya suara keributan dipasar, kendaraan bermotor, kereta api, pesawat terbang dan petir (Saktiyono, 2004).

Bergeraknya roda perekonomian di perindustrian dan transportasi, terutama suara yang berasal dari mesin mekanik menimbulkan masalah pelik berupa pencemaran suara yang teramat mengganggu sehingga cepat atau lambat akan mengganggu kondisi kejiwaan. Bukan hanya itu, jika dialami dalam kurun waktu yang panjang, imbasnya akan membuat kepekaan telinga berkurang. Padahal, manusia memiliki batas kemampuan mendengar suara mulai dari 20 hingga 20.000 hertz atau setara dengan rentang hingga 140 desibel (tingkat kebisingan). Lebih dari itu, akan terjadi kerusakan pada gendang telinga dan organ-organ lain dalam gendang telinga. serta mengurangi kualitas hidup manusia itu sendiri. Pengaruh utama kebisingan terhadap kesehatan adalah kerusakan pada indera-indera pendengaran yang menyebabkan ketulian, gangguan stress, gangguan komunikasi, gangguan tidur (Suma, mur, 1995).

Untuk mengatasi hal tersebut para peneliti dari berbagai belahan dunia sudah mulai berlomba – lomba untuk menemukan, menciptakan dan mengembangkan material baru terutama biokomposit agar dapat diaplikasikan sebagai bahan penyerap suara, baik dari bahan alami maupun produk sintetis, atau malah penggabungan keduanya. Adapun jenis bahan peredam suara yang telah ada yaitu bahan berpori, resonator dan panel. Dari ketiga



jenis bahan tersebut, bahan berporilah yang sering dipakai untuk mengurangi kebisingan pada ruang yang sempit. Hal ini karena bahan berpori relatif lebih murah dan ringan dibanding jenis peredam lain (Lee, 2003).

Banyak sekali serat alami dari tumbuh – tumbuhan yang tidak termanfaatkan secara optimal demi menunjang kehidupan manusia. Khususnya Indonesia sebagai Negara tropis yang terletak tepat di garis khatulistiwa ditumbuhi berbagai macam tumbuhan yang dapat diolah menjadi serat yang mempunyai nilai tambah tinggi, bahkan seringkali bahan – bahan ini dibuang, dibakar, atau malah menjadi limbah yang mengganggu dan tak jarang dianggap sebagai hama bagi tumbuhan lain. Meskipun tidak dapat dipungkiri untuk mengelola menjadi produk mempunyai nilai guna tambahan dibutuhkan teknologi tinggi yang belum mampu dikuasai oleh bangsa Indonesia atau alat pengelolanya yang belum mampu di buat di dalam negeri sendiri. Bahan alami serat yang paling mudah ditemui disekitar kita adalah bamboo, rami, dan ampas tebu.

Menggunakan kemampuan dan fungsi ketiga bahan serat tersebut secara bersama - sama menjadi satu produk material dapat dikategorikan dan dikenal sebagai material komposit. Komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat sebagai pengisi (filler) dan bahan pengikat serat yang disebut matrik. Tipe material ini merupakan jenis yang paling banyak digunakan dan banyak dimanfaatkan sebagai aplikasi pengganti logam, bahan bangunan, komponen otomotif, penahan panas, penyerap suara, dan lain-lain. (Hady, 2005). Pemilihan bahan matriks diambil dari bahan yang mempunyai sifat ulet agar mampu meneruskan serta menahan tekanan dan tegangan geser yang diterima. Tapi untuk penelitian yang dilakukan ini dikembangkan komposit berserat dengan matrik yang relatif bersifat getas, maka digunakan polyester. Polyester sebagai matrik dapat membuat hubungan antara penyerapan energi statis yang semu dari berbagai serat dan penyerapan energi dinamisnya komposit.



Penggabungan serat bambu, rami, dan tebu sebagai *reinforcement* kemudian menggunakan polyester sebagai matriksnya diyakini merupakan terobosan dalam inovasi terciptanya material biokomposit yang mampu diaplikasikan sebagai bahan penyerap suara sebagai solusi pencemaran suara. Dengan terciptanya material ini diharapkan terjadinya revolusi terhadap lingkungan terutama dari penggunaan dalam bidang material sebelumnya yang kurang ramah lingkungan menjadi lebih mudah terurai, serta mampu mengurangi limbah, dan menurunkan harga produk – produk akustik absorpsi suara lainnya yang tergolong mahal.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Dalam penelitian ini terdapat beberapa rumusan permasalahan yaitu :

1. Bagaimana hubungan antara komposisi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan nilai koefisien absorpsi suara?
2. Bagaimana hubungan antara komposisi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan kekuatan lenturnya?
3. Bagaimana hubungan antara komposisi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan reaksi kimia interface yang terbentuk?
4. Bagaimana hubungan antara morfologi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan nilai koefisien absorpsi suara dan kekuatan lenturnya?

## **1.3 Tujuan**

1. Mendapatkan hubungan komposisi biokomposit serat alam yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan nilai koefisien absorpsi suara.
2. Mendapatkan hubungan antara komposisi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks



polyester dengan kekuatan lenturnya.

3. Mendapatkan hubungan antara komposisi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan reaksi kimia interface yang terbentuk.
4. Mendapatkan hubungan antara morfologi biokomposit serat alami yang terdiri dari bambu, tebu dan rami bermatriks polyester dengan nilai koefisien absorpsi suara dan kekuatan lenturnya

#### **1.4 Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Kandungan pengotor diabaikan pada penelitian.
2. Alat ukur dianggap presisi

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang didapatkan dari hasil penelitian ini adalah :

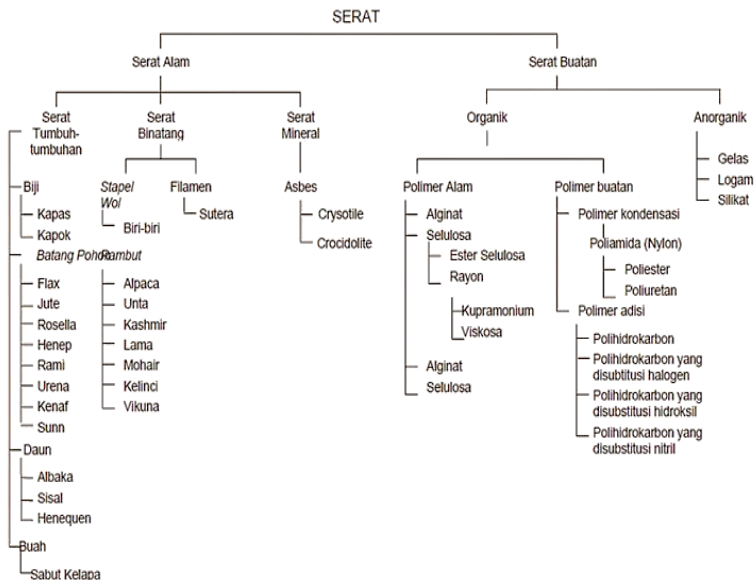
1. Menemukan material biokomposit baru yang dapat digunakan sebagai material yang dapat mengurangi dan melindungi dari pencemaran suara.
2. Memaksimalkan manfaat dari serat alami yang begitu banyak tersedia namun penggunaannya belum maksimal.
3. Sebagai referensi bagi penelitian berikutnya untuk mengembangkan biomaterial dalam aplikasi sebagai bahan akustik

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Serat

Serat dikenal orang sejak ribuan tahun sebelum Masehi seperti pada tahun 2.640 SM negara Cina sudah menghasilkan serat sutera dan tahun 1.540 SM telah berdiri industri kapas di India, serat flax pertama digunakan di Swiss pada tahun 10.000 SM dan serat wol mulai digunakan orang di Mesopotamia pada tahun 3000 SM. Selama ribuan tahun serat flax, wol, sutera dan kapas melayani kebutuhan manusia paling banyak. Pada awal abad ke 20 mulai diperkenalkan serat buatan hingga sekarang bermacam-macam jenis serat buatan diproduksi.



Gambar 2.1 Produksi Serat





Serat bisa dibagi menjadi dua kelompok , yakni :

- Serat alam : dari binatang, tumbuh-tumbuhan, dan mineral
  - Serat buatan : dari polimer alam, polimer sintetik, dan lainnya
1. Serat alam menurut Jumaeri, (1977:5), yaitu “serat yang langsung diperoleh di alam. Pada umumnya kain dari serat alam mempunyai sifat yang hampir sama yaitu kuat, padat, mudah kusut, dan tahan penyeterikaan”.
  2. Kelangsingan (aspect ratio) yaitu perbandingan antara panjang serat dan diameter serat yang cukup besar.

Ukuran serat menentukan kemampuan bahan komposit menerima gaya atau gaya luar. Semakin panjang ukuran serat maka semakin efisien dalam menerima gaya searah serat, dan juga akan menghilangkan kemungkinan retak sepanjang batas antarmuka serat dengan matriks sehingga serat mencegah cacat permukaan. Arah serat penguat menentukan kekuatan komposit, arah serat sesuai dengan arah kekuatan maksimum. Arah serat mempengaruhi jumlah serat yang dapat diisikan ke dalam matriks. Makin cermat penataannya, makin banyak penguat dapat dimasukkan. Bila sejajar berpeluang sampai 90%, bila separuh separuh saling tegak lurus peluangnya 75%, dan tatanan acak hanya berpeluang pengisian 15 sampai 50%. Hal tersebut menentukan optimum saat komposit maksimum (Surdia, 1995)

### **2.1.1 Klasifikasi Serat Alam pada Komposit**

- Serat alam digolongkan lagi menjadi :

1. Selulosa: Serat Tumbuh – Tumbuhan

Serat tumbuh-tumbuhan memiliki dasar kimia selulosa yang berdasarkan pada asal tumbuhannya dapat berasal dari biji, daun, batang dan buah.



## 2. Serat Protein

Serat protein dapat berbentuk staple atau filamen. Serat protein berbentuk stapel berasal dari rambut hewan berupa domba, alpaca, unta, cashmer, mohair, kelinci, dan vicuna. yang paling sering digunakan adalah wol dari bulu domba.

- Berdasarkan penempatannya terdapat beberapa tipe serat pada komposit yaitu :

### 1. *Continuous Fibre Composite*

Tipe ini mempunyai susunan serat panjang dan lurus, membentuk lamina diantara matriksnya. Tipe ini mempunyai kelemahan pemisahan antar lapisan.

### 2. *Woven Fibre Composite (bi-directional)*

Komposit ini tidak mudah dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena susunan seratnya mengikat antar lapisan. Susunan serat memanjangnya yang tidak begitu lurus mengakibatkan kekuatan dan kekakuan melemah.

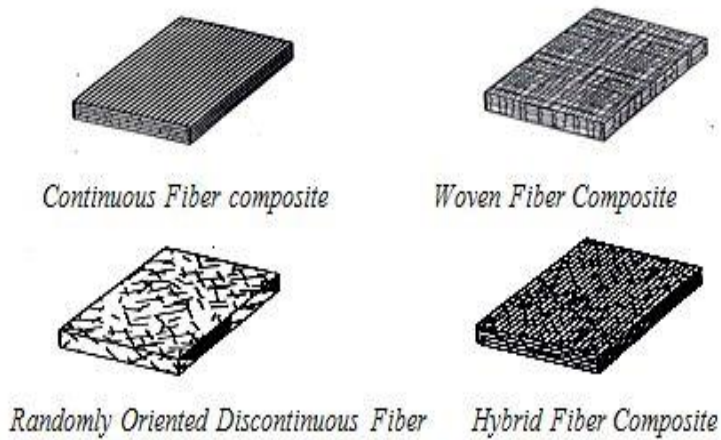
### 3. *Discontinuous Fibre Composite/Randomly Oriented*

*Discontinuous Fibre Composite* adalah tipe komposit dengan serat pendek. Tipe ini dibedakan lagi menjadi 3 ( Gibson, 1994 : 157 ) :

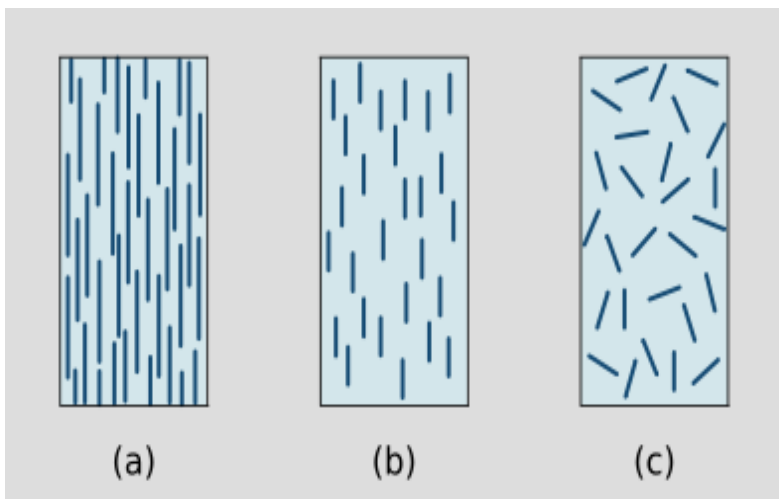
- a) *Aligned discontinuous fibre*
- b) *Off-axis aligned discontinuous fibre*
- c) *Randomly oriented discontinuous fibre*

### 4. *Hybrid Fiber Composite*

Hybrid fiber composite merupakan gabungan antara tipe serat lurus dengan serat acak. Kelebihan tipe ini ialah dapat mengganti kekurangan sifat dari kedua tipe, menggabungkan kelebihan keduanya.



Gambar 2.2 Tipe komposit serat  
(sumber : repository.usu.ac.id)



Gambar 2.3 Discontinuous Fibre Composite



## **2.2 Komposit**

Komposit berasal dari kata kerja “to compose” yang berarti menyusun atau menggabung. Komposit dapat didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran/kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utamanya yang secara makro berbeda di dalam bentuk dan atau komposisi material pada dasarnya tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984). Komposit merupakan dua atau lebih bahan yang digabung atau dicampur secara makroskopik. Maksudnya ialah penggabungan dari unsur-unsurnya secara makro. Walaupun banyak bahan yang yang digunakan sebagai penyusun, akan tetapi bahan-bahan tersebut biasanya tidak dianggap sebagai komposit jika satuan struktur yang terbentuk lebih cenderung ke tingkat mikroskopik daripada tingkat makroskopik. Dengan demikian paduan-paduan logam dan campuran polimer biasanya tidak diklasifikasikan sebagai komposit. Keunggulan bahan komposit adalah terbentuknya struktur baru yang merupakan penggabungan sifat-sifat unggul dari masing-masing unsur pembentuknya. Komposit mempunyai sifat yang diinginkan yang tidak dapat diperoleh dari bahan-bahan penyusun asal jika bekerja sendiri-sendiri (Gibson, 1994). Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (tailorability), memiliki kekuatan lelah (fatigue) yang baik, memiliki kekuatan jenis (strength/ weight) dan kekakuan jenis (modulus Young density) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010). Sifat-sifat komposit pada umumnya ditentukan oleh beberapa faktor, antara lain : jenis, bentuk



geometris dan struktur, rasio perbandingan, daya lekat, orientasi bahan penguat bahan penyusun, dan proses pembuatan (Zulhanif,2010). Komposit dibentuk dari dua atau lebih jenis material yang berbeda yang masing – masing secara umum mempunyai fungsi sebagai berikut :

1. Penguat (reinforcement) : Penguat sering juga disebut sebagai Filler. Filler merupakan bahan pengisi yang mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih kuat. Filler yang digunakan dalam pembuatan komposit biasanya berupa serat atau serbuk. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, Boron, Carbon dan lain sebagainya. Bisa juga dari serat alam antara lain serat kenaf, rami, cantula dan lain sebagainya.
2. Matriks : Menurut Gibson R.F. (1994), matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. *Matriks* secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks bersifat lebih ductile namun mempunyai kekuatan yang lebih rendah. Matriks memiliki fungsi :
  - a) Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
  - b) Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
  - c) Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
  - d) Menyumbangkan beberapa sifat seperti, kekakuan, ketangguhan dan tahanan listrik.

Sedangkan Peter (2002) menjelaskan keuntungan dan kerugian komposit di dalam tabel 2.1 di bawah ini.



Tabel 2.1. Keuntungan dan kerugian dari komposit

Keuntungan	Kerugian
Berat berkurang	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
Kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	Sifat-sifat bidang melintang lemah
Biaya manufaktur rendah	Kelemahan matrik, kekerasan rendah
Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik dapat meningkat atau menurun	Matriks dapat menimbulkan degradasi lingkungan
Lebih tahan terhadap korosi	Sulit dalam mengikat
Kehilangan sebagian sifat dasar material	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik sulit dilakukan

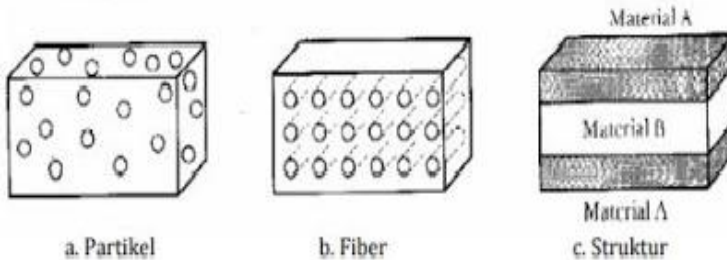
### 2.2.1 Klasifikasi Komposit

Umumnya komposit yang sering digunakan digolongkan berdasarkan strukturnya yang mana antara lain diklasifikasikan sebagai berikut inii :

1. *Particulate Composite Materials* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/butiran sebagai filler (pengisi). Partikel berupa logam atau non logam dapat digunakan sebagai filler.
2. *Fibrous Composite Materials* (komposit serat) terdiri dari dua komponen penyusun yaitu matriks dan serat.
3. *Structural Composite Materials* (komposit berlapis)



terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna.



Gambar 2.4 Tipe komposit berdasarkan struktur

Berdasarkan *matriks* yang digunakan komposit dapat dikelompokkan atas:

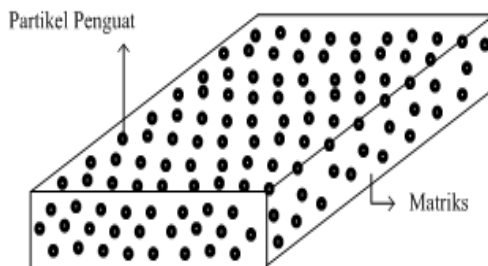
1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan
2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah; oksida, carbide, nitride. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses *DIMOX* yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler*.



3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. *Matriks* polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah polypropylene (PP), polystyrene (PS), polyethylene (PE), dan lain-lain.

### 2.2.2 Material Komposit Partikulat

Material komposit partikulat terdiri dari partikel-partikel yang tersebar dalam matriks. Partikel-partikel tersebut dapat berupa logam maupun non logam (Jones, 1999). Secara umum penguat partikel kurang efektif dalam meningkatkan ketahanan patah matriks, berbeda dengan komposit berpenguat serat yang baik dalam meningkatkan ketahanan patah matriks. Peran partikel dalam komposisi material komposit partikulat adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastis matriks yang ada disela-sela partikel (Sulistijono, 2012). Skematik material komposit partikulat seperti pada Gambar 2.5



Gambar 2.5 Komposit Partikulat (sumber: Sulistijono, 2012)





Beberapa jenis partikel penguat terdiri dari partikulat, dispersoidal, platelet, serat pendek (*mat*), dan *whisker*. Partikulat merupakan komposit dengan penguat partikel yang biasanya aspek rasio panjang terhadap diameternya kurang dari 5. Partikulat dapat berbentuk mono atau poli kristalin. Bentuknya bervariasi dan diameternya lebih besar dari 1  $\mu\text{m}$ .

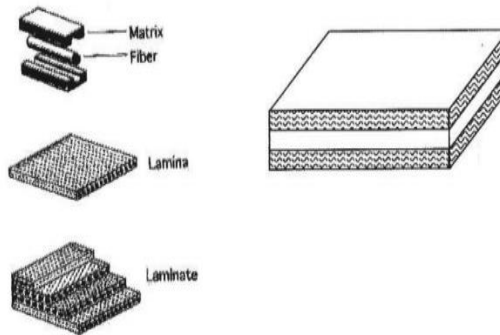
Dispersoidal, hampir sama seperti partikulat, memiliki diameter kurang dari 1  $\mu\text{m}$ . Platelet merupakan penguat berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap ketebalannya lebih besar dari 2. Platelet dengan rasio kurang dari 5 termasuk jenis partikulat.

Serat pendek (*mat*) merupakan penguat berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 (umumnya lebih besar dari 100-1000). Komposit serat pendek lebih murah dan cepat dalam fabrikasi. Pada diameter serar tertentu pertambahan panjang akan meningkatkan ikatan antar muka serat/matriks dan memudahkan transfer tegangan kerja yang diinginkan.

*Whisker* adalah kristal tunggal yang memanjang dengan rasio panjang terhadap diameternya lebih besar dari 10 dan dengan diameter yang identik kurang dari 1  $\mu\text{m}$ . (Sulistijono, 2012)

### 2.2.3 Material Komposit Laminar

Materil komposit lamina terdiri dari layer paling sedikit dua material berbeda yang terikat bersama. Laminasi digunakan untuk mengombinasi aspek terbaik dari masing-masing layer dan ikatan material digunakan untuk meningkatkan penggunaan material. Sifat-sifat yang bisa ditingkatkan dengan laminasi adalah kekuatan, kekakuan, ringan, ketahanan korosi, ketahanan gesekan, insulasi termal, insulasi akustik, dan estetika. Material komposit jenis ini seperti bimetal, clad metals, laminated glass, dan plastic-based laminates. Skematik material komposit laminat seperti pada Gambar 2.6 (Jones,1999)



Gambar 2.6 Komposit Laminar (sumber: Gibson 1994)

### 2.3 Polyester

*Poliester* (Rosato, Dominick V, Rosato, Donald V, Rosato, Matthew V, 2004) adalah suatu kategori polimer yang mengandung gugus fungsional *ester* dalam rantai utamanya. Meski terdapat banyak sekali *poliester*, istilah "*poliester*" merupakan sebagai sebuah bahan yang spesifik lebih sering merujuk pada *polietilena tereftalat* (PET). Poliester termasuk zat kimia yang alami, seperti yang kutin dari kulit ari tumbuhan, maupun zat kimia sintetis seperti *polikarbonat* dan *polibutirat*. Dapat diproduksi dalam berbagai bentuk seperti lembaran dan bentuk 3 dimensi, *poliester* sebagai termoplastik bisa berubah bentuk sehabis dipanaskan. Walau mudah terbakar di suhu tinggi, poliester cenderung berkerut menjauhi api dan memadamkan diri sendiri saat terjadi pembakaran.

Matriks ini dapat menghasilkan keserasian antara matrik dengan serat dengan mengontrol faktor jenis dan jumlah komponen, katalis, waktu dan suhu. Sifatnya yang tahan dengan *creep*, sangat memadai sebagai perekat struktur berbeban berat,



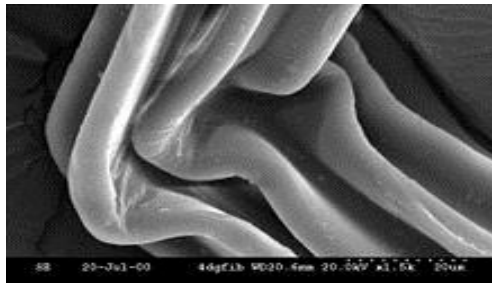
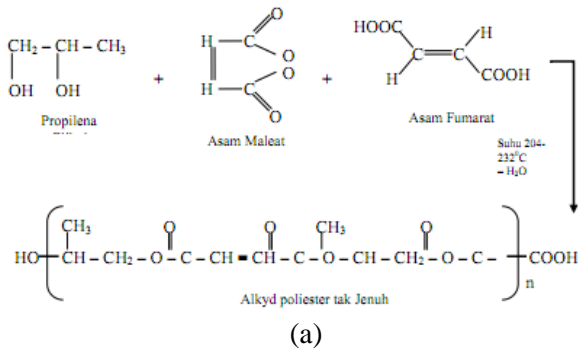
tahan dengan radiasi serta tahan dengan kondisi suhu yang tinggi (Hartomo, 1992).

*Poliester* juga digunakan untuk membuat botol, film, tarpaulin, kano, tampilan kristal cair, hologram, penyaring, saput (film) *dielektrik* untuk kondensator, penyekat saput buat kabel dan pita penyekat. *Poliester* kristalin cair merupakan salah satu polimer kristalin cair yang digunakan industri yang pertama dan digunakan karena sifat mekanis dan ketahanan terhadap panasnya. Kelebihan itu penting dalam penggunaannya sebagai segel mampu kiris dalam mesin jet (Mattias J. Schuler, 1981).

*Poliester* keraspanas (*thermosetting*) digunakan sebagai bahan pengecoran, dan resin *poliester chemosetting* digunakan sebagai resin pelapis kaca serat dan dempul badan mobil yang non logam.

*Poliester* tak jenuh yang diperkuat kaca serat banyak digunakan dalam bagian badan dari kapal pesiar serta mobil. *Poliester* digunakan pula secara luas sebagai penghalus (finish) pada produk kayu berkualitas tinggi seperti gitar, piano, dan bagian dalam kendaraan / perahu pesiar. Perusahaan Burns London, *Rolls-Royce*, dan Sunseeker merupakan segelinter perusahaan yang memakai *poliester* untuk memperhalus produk-produk mereka. Sifat-sifat *tiksotropi* dari *poliester* yang bisa dipakai sebagai semprotan membuatnya ideal untuk digunakan pada kayu gelondongan bijian-terbuka, sebab mampu mengisi biji kayu dengan cepat, dengan ketebalan saput yang terbentuk dengan kuat per lapisan. *Poliester* yang diawetkan bisa diampelas dan dipoleskan ke produk akhir (Andrea Rinaldi, 2006).

Ketahanan kimia yang dimiliki pada umumnya kuat terhadap asam kecuali asam pengoksida, tetapi lemah terhadap alkali. Bila dimasukkan dalam air mendidih dalam waktu yang lama (300 jam), bahan akan pecah dan retak-retak. Bahan ini mudah mengembang dalam pelarut, yang melarutkan polimer stiren. Kemampuan terhadap cuaca sangat baik. Tahan terhadap kelembaban dan sinar UV bila dibiarkan diluar, tetapi sifat tembus cahaya permukaan rusak dalam beberapa tahun. (Surdia dan Saito, 1999)



(b)

Gambar 2.7 (a) struktur kimia, (b) Gambar SEM dari sebuah lengkungan di serat *polyester* (sumber gambar: Wikipedia)

Tabel 2.2 Spesifikasi *Polyester*

Property	Value	Units
Elastic Modulus in X	1.9e+010	N/m <sup>2</sup>
Poisson's Ration in XY		N/A
Shear Modulus in XY		N/m <sup>2</sup>
Mass Density	1160	kg/m <sup>3</sup>
Tensile Strength in X	190000000	N/m <sup>2</sup>
Compressive Strength in X	230000000	N/m <sup>2</sup>
Yield Strength		N/m <sup>2</sup>
Thermal Expansion Coefficient in X		/K
Thermal Conductivity in X	0.17	W/(m·K)

Sumber : *SolidWork Software*



## 2.4 Rami

Rami merupakan tanaman tahunan dengan bentuk tanaman herba berumpun banyak yang menghasilkan serat dari kulit batangnya. Serat rami tergolong dalam serat panjang, kuat, dan baik untuk bahan baku tekstil karena memiliki struktur yang mirip dengan serat kapas (Berger, 1969; Buxton dan Greenhalgh, 1989). Untuk diambil seratnya, batang tanaman rami dipanen setiap dua bulan sekali dan diproses dengan mesin dekortikator sehingga menghasilkan serat kasar (*china grass*). Sebelum dipintal menjadi benang, serat kasar yang masih banyak mengandung getah (*gum*) perlu dibersihkan melalui proses degumming, dan proses pemutihan serta pelemasan dengan pemberian minyak (*oiling*) sehingga menjadi serat yang putih dan lemas (*rami top*).



Gambar 2.8 Tanaman rami dan serat rami  
(Sumber : industritekstil.blogspot.com)

Tanaman rami (*Boehmeria nivea*) kandungan sesulosanya pada kulit batangnya berisi 80-85 persen, kandungan ligninnya yaitu 1 : 5. Hasil rata-rata 1 hektar adalah sekitar 36 ton batang basah dengan rendemen antara 3,5% dan 4,0% sehingga hasil akhirnya diperkirakan sekitar 1,3 ton per hektar serat kering. Karena keunggulannya itu, sejak zaman pendudukan Jepang,



tahun 1943, rami sudah dikenal bukan hanya untuk tali tambang, tetapi juga bahan pembuatan karung goni. Pada dasarnya proses pemisahan serat rami dilakukan dengan cara memecah dan memukul-mukul batang. Mula-mula kulit batang dipukul-pukul kemudian serat dipisahkan dari batang dengan cara dikerok. Adanya getah lilin dan *pektin* yang masih tertinggal pada serat, menyebabkan serat lemah danetas. Oleh karena itu sebelum dipintal zat-zat tersebut harus dihilangkan dengan larutan *natrium hidroksida* mendidih.

### **Sifat-sifat serat rami**

- Kuat, ketika basah kekuatan bertambah
- Kilaunya baik (Seperti sutera)
- Kaku
- Kelentingannya rendah
- Mudah kusut
- Keelastisan rendah
- Rapuh, sehingga mudah sobek ketika dilipat berulang-ulang pada tempat yang sama
- Tahan terhadap bakteri dan jamurRami bersifat higroskop dan cepat kering

### **Komposisi Serat Rami mentah kering**

• Selulos	$\pm 75$ %
• Herni selulosa	16 %
• Pektin	2 %
• Lignin	0,7 %
• Zat-zat yang larut dalam air	6 %
• Lilin	0,3 %
• Lemak	0.3 %



## 2.5 Tebu

Tebu adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman tebu hanya dapat tumbuh di daerah beriklim tropis, oleh karena itu persebaran tanaman tebu di Indonesia ini begitu melimpah. Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman yang ditanam untuk bahan baku gula. Tanaman ini termasuk kedalam jenis rumput-rumputan. Umur tanaman sejak ditanam sampai bisa dipanen mencapai kurang lebih 1 tahun. Di Indonesia tebu banyak dibudidayakan di pulau Jawa dan Sumatra. Tanaman Tebu yang tumbuh dengan baik, tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 meter atau lebih. Batangnya tinggi kurus, tidak bercabang, tumbuh tegak, beruas-ruas dengan panjang ruas 10-30 cm.

Untuk pembuatan gula, batang tebu yang telah dipanen diperas dengan mesin pemeras di pabrik gula. Sesudah itu, nira atau air perasan tebu tersebut disaring, dimasak, dan diputihkan sehingga menjadi gula pasir yang kita kenal. Dari proses pembuatan tebu tersebut akan dihasilkan gula 5%, ampas tebu 90% dan sisanya berupa air.



Gambar 2.9 Tanaman Tebu  
(Sumber : [www.produknaturalnusantara.com](http://www.produknaturalnusantara.com))

### 2.5.1 Ampas Tebu

Bagasse (ampas tebu) merupakan limbah berserat yang diperoleh dari hasil samping proses penggilingan tanaman tebu



(*Saccharum officinarum*). Ampas ini sebagian besar mengandung bahan-bahan lignoselulosa. Bagasse mengandung air 48-52%, gula rata-rata 3,3%, dan serat rata-rata 47,7%. Serat bagasse sebagian besar terdiri dari selulosa, hemiselulosa dan lignin dan tidak dapat larut dalam air. Menurut Lavarack et al. (2002) bagasse merupakan hasil samping proses pembuatan gula tebu (*sugarcane*) mengandung residu berupa serat, minimal 50% serat bagasse diperlukan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan 50% sisanya hanya ditimbun sebagai buangan yang memiliki nilai ekonomi rendah. Penimbunan bagasse dalam kurun waktu tertentu akan menimbulkan permasalahan bagi pabrik. Mengingat bahan ini berpotensi mudah terbakar mengotori lingkungan sekitar, dan menyita lahan yang cukup luas untuk penyimpanannya. Potensi bagasse di Indonesia sangat melimpah khususnya di luar pulau jawa. Menurut Pusat Penelitian Perkebunan Gula Indonesia (P3GI) tahun 2008, komposisi rata-rata hasil samping industri gula di Indonesia terdiri dari limbah cair 52,9%, blotong 3,5%, ampas tebu (*bagasse*) 32,0%, tetes tebu (*molasses*) 4,5%, dan gula 7,05% serta abu 0,1%. Besarnya jumlah *bagasse* yang belum dimanfaatkan mendorong para peneliti untuk mengembangkan potensi *bagasse* agar memiliki nilai ekonomi. Berikut kandungan lignoselulosa pada *bagasse* (Howard, et al. 2003):



Gambar 2.10 Ampas Tebu





Tabel 2.3 Kandungan lignoselulosa pada *bagasse*

Nama Bahan	Jumlah (%)
Selulosa	33.4
Hemiselulosa	30
Lignin	18.9

(*sumber: Howard et al. 2003*)

## 2.6 Bambu

Bambu adalah tanaman dengan laju pertumbuhan tertinggi di dunia, dilaporkan dapat tumbuh 100 cm (39 in) dalam 24 jam (Farrelly, David, 1984). Beberapa dari spesies bambu terbesar dapat tumbuh hingga melebihi 30 m (98 ft) tingginya, dan bisa mencapai diameter batang 15–20 cm (5.9–7.9 in). Namun spesies tertentu hanya bisa tumbuh hingga ketinggian beberapa inci saja. Bambu yang digunakan untuk kegiatan konstruksi harus dipanen ketika batang mencapai kekuatan tertingginya dan ketika kadar gula di dalam batang berada dalam kondisi terendah, karena keberadaan gula mempermudah bambu untuk diserang hama. Bambu dari hasil listing Sensus Pertanian 2003 menunjukkan bahwa di Indonesia tercatat sekitar 4,73 juta rumah tangga yang mengusai tanaman bambu dengan populasi yang dikuasai mencapai 37,93 juta rumpun atau rata-rata penguasaan per rumah tangganya sebesar 8,03 rumpun. Dari total sebanyak 37,93 juta rumpun tanaman bambu, sekitar 27,88 juta rumpun atau 73,52 persen diantaranya adalah merupakan tanaman bambu yang siap tebang. Pemuaian dan penyusutan bambu hampir sama dengan kayu. Perubahan yang terjadi pada panjang, lebar serta tebal kurang lebih proporsional dengan kadar air yang dikandung. Kulit bambu yang mengandung *silicic acid* sangat membantu menahan rambatan api sehingga proses terbakarnya lebih lama dibandingkan *spruce*. Batang bambu juga banyak dipakai sebagai jembatan darurat. Bambu berkualitas tinggi lebih kuat dibandingkan baja (Mary Roach, 1996; Evelin Rottke, 2002) sehingga dapat digunakan sebagai bahan bangunan.



### 2.6.1 Bambu Betung

Bambu Betung (*Dendrocalamus asper*) ialah bambu yang amat kuat, dengan jarak ruas pendek, tetapi memiliki dinding yang tebal sehingga tidak begitu liat. Garis tengah bambu betung 80-130 mm, panjang batang 10-20 m. Bambu ini sering ditanam dan tumbuh pada daerah ketinggian 1900 mdpl.

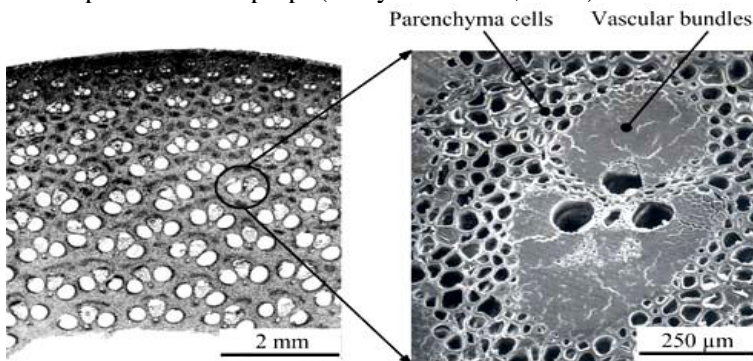


Gambar 2.11 Bambu betung dan seratnya  
(Sumber : id.wikipedia.org)

Bambu betung memiliki serat yang panjang yaitu 4,69 mm. Serat yang panjang ini akan membantu terbentuknya jalinan ikatan antar serat yang lebih baik sehingga memiliki kekuatan yang tinggi dan tidak mudah ditembus oleh cahaya (Widya dan Euis, 2008; Haygreen dan Bowyer, 1996). Tebal dinding serat dari bambu betung tipis yaitu 0,009 mm akan memudahkan serat untuk melembek dan menjadi pipih sehingga memberikan permukaan yang luas bagi terjadinya ikatan antar serat, akibatnya kekuatan tariknya tinggi (Casey 1980 dalam Fatriasari 2001; Widya dan Euis, 2008). Bambu betung memiliki nilai slenderness (Perbandingan antara diameter lumen dengan diameter serat) yang tinggi, sehingga sifat lentur serat akan semakin besar



akibatnya pembentukan ikatan antar serat akan lebih baik. (Tamolang dan Wangaard, 1961 dalam Ramdhani, 1994). Bambu betung memiliki prosentase zat terlarut dalam etanol benzena sebesar 0,91 % yang dengan kata lain sangat rendah. Akan tetapi prosentase zat terlarut dalam NaOH 1M tinggi yaitu sebesar 24,06 % . Zat terlarut dalam alkohol benzena antara lain resin, lemak, lilin dan tanin, sedangkan zat terlarut pada NaOH ialah lignin, pentosan dan heksosan. Kehadiran zat ekstraktif yang berupa minyak dan lemak akan mengurangi kekuatan ikatan antar serat, memperbesar konsumsi alkali dan memperlambat delignifikasi (Widya dan Euis, 2008). Kadar holoselulosa (selulosa dan hemiselulosa) pada Bambu Betung juga tinggi yaitu 83,8%. Selulosa yang tinggi mengindikasikan serat yang kuat, warna pulp lebih putih, relatif tahan terhadap bahan kimia dalam pemisahan dan pemurniannya serta tidak larut dalam pelarut organik netral dan air (Casey 1980 dalam Wardoyo 2001). Hemiselulosa yang tinggi menyebabkan serat bersifat lebih fleksibel yang penting dalam proses penggilingan, seratnya lebih mengambang dan plastis karena daya serap airnya tinggi. Serat yang plastis menyebabkan luas permukaan yang tinggi pada waktu pembentukan pulp. (Widya dan Euis, 2008)

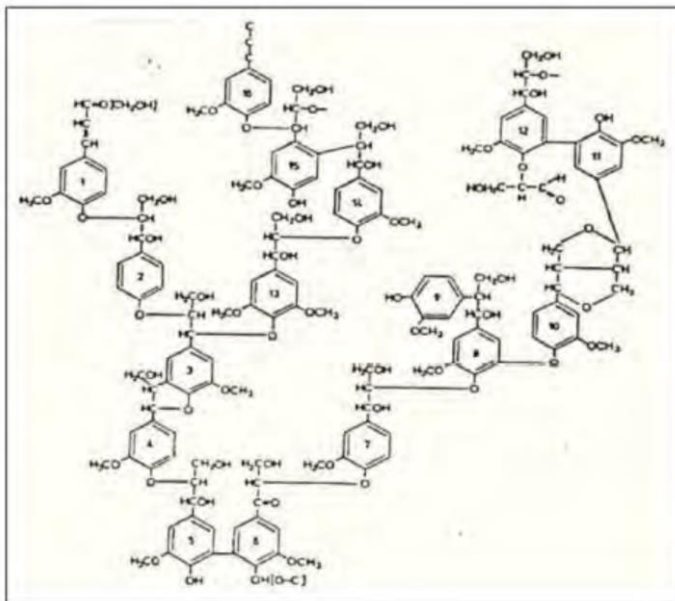


Gambar 2.12 Penampang melintang serat bambu  
(Jian dkk, 2008:234)



## 2.7 Lignin

Lignin adalah polimer alami yang terdiri dari molekul fenil propane yang terdapat di dalam dinding sel dan di daerah antar sel (atau lamela tengah). Lignin dapat larut dalam larutan natrium hidroksida. Larutnya lignin ini disebabkan oleh terjadinya transfer ion hidrogen dari gugus hidroksil pada lignin ke ion hidroksil. Sedangkan kehadiran zat lignin mengakibatkan sifat kegetasan serta menyebabkan resin tidak meresap sepenuhnya pada serat bambu sehingga ikatan antara serat dan matriks tidak cukup kuat dan mempengaruhi kekuatannya ketika pengujian tarik dilakukan. (Arfie, 2010).



Gambar 2.13 Struktur kimia (rumus bangun) lignin yang terdiri dari 16 unit fenil-propana (sumber : Afni Ariani Lubis. 2012)



## 2.8 Bunyi, Gelombang dan Suara serta Kebisingan

### 2.8.1 Bunyi

Bunyi, secara harafiah adalah diartikan sebagai sesuatu yang kita dengar. Bunyi merupakan hasil getaran dari partikel-partikel yang berada di udara (Sound Research Laboratories Ltd, 1976) dan energi yang terkandung dalam bunyi dapat meningkat secara cepat dan dapat menempuh jarak yang sangat jauh. Definisi sejenis juga dikemukakan oleh Bruel & Kjaer (1986) yang menyatakan bahwa bunyi diidentikkan sebagai pergerakan gelombang di udara yang terjadi bila sumber bunyi mengubah partikel terdekat dari posisi diam menjadi partikel yang bergerak. Sifat bunyi meliputi rambat yang membutuhkan media, merupakan bentuk dari gelombang, serta dapat dipantulkan.

Doelle (1972) menyatakan bahwa bunyi mempunyai dua definisi, yaitu:

1. Secara fisis, bunyi adalah penyimpangan tekanan, pergeseran partikel dalam medium elastik seperti udara. Definisi ini dikenal sebagai bunyi *Obyektif*.
2. Secara fisiologis, bunyi adalah sensasi pendengaran yang disebabkan penyimpangan fisis yang digambarkan pada bagian atas. Hal ini disebut sebagai bunyi *subyektif*.

Bunyi mempunyai cepat rambat yang dipengaruhi oleh 2 faktor yaitu :

1. Kerapatan partikel medium yang dilalui bunyi. Semakin rapat susunan partikel medium maka semakin cepat bunyi merambat, sehingga bunyi merambat paling cepat pada zat padat.
2. Suhu medium, semakin panas suhu medium yang dilalui maka semakin cepat bunyi merambat. Hubungan ini dapat dirumuskan kedalam persamaan matematis ( $v = v_0 + 0,6.t$ ) dimana  $v_0$  adalah cepat rambat pada suhu nol derajat dan  $t$  adalah suhu medium.



### 2.8.2 Gelombang

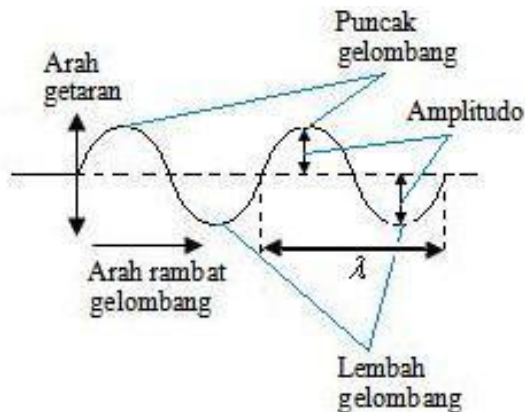
Gelombang dapat didefinisikan sebagai getaran yang merambat melalui medium yang dapat berupa zat padat, cair, dan gas. Gelombang terjadi karena adanya sumber getaran yang bergerak terus-menerus. Medium pada proses perambatan gelombang tidak selalu ikut berpindah tempat bersama dengan rambatan gelombang. Misalnya bunyi yang merambat melalui medium udara, maka partikel-partikel udara akan bergerak osilasi (lokal) saja.

Gelombang berdasarkan medium perambatannya dapat dikategorikan menjadi :

1. Gelombang mekanik  
Gelombang mekanik terdiri dari partikel-partikel yang bergetar, dalam perambatannya memerlukan medium. Contohnya gelombang bunyi, gelombang pada air, gelombang tali.
2. Gelombang elektromagnetik  
Gelombang elektromagnetik adalah gelombang yang dihasilkan dari perubahan medan magnet dan medan listrik secara berurutan, arah getar vektor medan listrik dan medan magnet saling tegak lurus. Perambatan gelombang ini tidak memerlukan medium dan bergerak mendekati kelajuan cahaya. Contohnya sinar gamma ( $\gamma$ ), sinar X, sinar ultra violet, cahaya tampak, infra merah.

Berdasarkan arah getar dan arah rambat, gelombang dibedakan menjadi dua jenis yaitu :

1. Gelombang transversal  
Gelombang transversal adalah gelombang yang arah rambatannya tegak lurus terhadap arah getarnya, contohnya gelombang pada tali, gelombang permukaan air, gelombang cahaya. Jarak yang ditempuh oleh suatu gelombang per detik disebut cepat rambat gelombang. Cepat rambat gelombang dilambangkan dengan  $v$  dan satuannya m/s.



Gambar 2.14 Gelombang transversal  
(Sumber : M.nurhusaeni.2010)

Keterangan :

$\lambda$  = panjang gelombang , satuannya meter ( m )

Amplitudo : simpangan maksimum dari titik seimbang.

Frekuensi (f) adalah banyaknya gelombang yang melewati satu titik tiap satuan waktu, satuannya 1/sekon. Periode (T) adalah waktu yang diperlukan oleh gelombang untuk melewati suatu titik, satuannya sekon. Hubungan antara v,  $\lambda$ , T, dan f ialah :

$$f = 1/T$$

$$\lambda = v \times T$$

$$\lambda = v/f$$

$$v = \lambda \times f$$

Jangkauan pendengaran telinga manusia dapat mendengar frekuensi 20 Hz sampai 20000 Hz. Jangkauan ini berbeda dari orang ke orang. Satu kecenderungan umum adalah jika bertambah tua, mereka makin tidak bisa mendengar frekuensi yang tinggi, sehingga batas frekuensi tinggi mungkin menjadi 10000 Hz atau kurang.



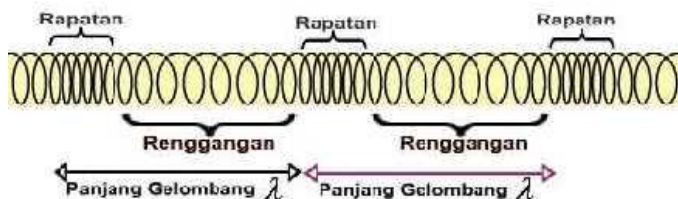
Tabel 2.4 Jarak rentang frekuensi sumber bunyi

Sumber Bunyi	Rentang Frekuensi (Hz)
Manusia	85-5000
Piano	30-4100
Pitch Music Standart	440
Terompet	190-990
Drum	95-180
Mobil	15-30000
Mesin Jet	5-50000

(sumber: repository.usu.ac.id.2008)

## 2. Gelombang longitudinal.

Gelombang longitudinal adalah gelombang yang arah merambatnya searah dengan arah getarnya, contohnya gelombang bunyi dan gelombang pada pegas. Gelombang ini terdiri dari rapatan dan regangan. Rapatan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan mendekat selama sesaat. Regangan adalah daerah-daerah dimana kumparan-kumparan menjauh selama sesaat. Rapatan dan regangan berhubungan dengan puncak dan lembah pada gelombang transversal.



Gambar 2.15 Gelombang longitudinal

(sumber : repository.usu.ac.id.2008)

### 2.8.3 Suara

Suara adalah urutan gelombang tekanan yang merambat melalui media kompresibel (udara ataupun air). Gelombang tekanan tersebut dapat dipantulkan, dibiaskan ataupun





dilemahkan oleh media. uara merupakan suatu energi gelombang mekanis yang berupa getaran-getaran partikel yang berjalan melalui suatu media perantara, misalnya udara. Suara merupakan pemampatan mekanis atau gelombang longitudinal yang merambat melalui medium. Medium atau zat perantara ini dapat berupa zat cair, padat, gas. Jadi, gelombang bunyi dapat merambat misalnya di dalam air, batu bara, atau udara. Kebanyakan suara adalah merupakan gabungan berbagai sinyal, tetapi suara murni secara teoritis dapat dijelaskan dengan kecepatan osilasi atau frekuensi yang diukur dalam Hertz (Hz) dan amplitudo atau kenyaringan bunyi dengan pengukuran dalam decibel. Manusia mendengar bunyi saat gelombang bunyi, yaitu getaran di udara atau medium lain, sampai ke gendang telinga manusia. Batas frekuensi bunyi yang dapat didengar oleh telinga manusia kira-kira dari 20 Hz sampai 20 kHz pada amplitudo umum dengan berbagai variasi dalam kurva responsnya. Suara di atas 20 kHz disebut ultrasonik dan di bawah 20 Hz disebut infrasonik.

Suara dibedakan menjadi 2 yaitu :

1. Suara Periodik = Suara yang terjadi secara kontinyu / berlanjut.
2. Suara Non periodic = Suara yang tidak terjadi secara berlanjut.

Kebanyakan peralatan diagnostik dalam kedokteran memakai frekuensi 1–10 MHz (1 MHz = 1.000.000 siklus/detik). Gelombang suara yang melalui medium menyebabkan partikel yang ada di dalam medium bergerak maju mundur secara longitudinal sehingga terjadi pemadatan (kompresi) dan peregangan partikel yang berdekatan. Jarak antara dua kelompok partikel yang memadat dan meregang disebut panjang gelombang ( $\lambda = \text{lamda}$ ). Gelombang bunyi adalah gelombang yang dirambatkan sebagai gelombang mekanik longitudinal yang dapat menjalar dalam medium padat, cair dan gas. Medium gelombang bunyi ini adalah



molekul yang membentuk bahan medium mekanik ini (Sutrisno, 1988). Gelombang bunyi ini merupakan vibrasi/getaran molekul-molekul zat dan saling beradu satu sama lain namun demikian zat tersebut terkoordinasi menghasilkan gelombang serta mentransmisikan energi bahkan tidak pernah terjadi perpindahan partikel (Resnick dan Halliday, 1992).

Apabila gelombang bunyi mencapai batas maka gelombang bunyi tersebut akan terbagi dua yaitu sebagian energi ditransmisikan/diteruskan dan sebagian lagi direfleksikan/dipantulkan. (Giancoli, 1998).

Pada umumnya hewan menggunakan gelombang bunyi/suara untuk memperoleh perubahan informasi dan untuk mendeteksi lokasi dari suatu objek. Misalnya ikan lumba-lumba, kelelawar, menggunakan gelombang bunyi untuk menentukan lokasi makanan, apabila cahaya tidak cukup untuk pengamatan (Ackerman *et al*, 1988).

#### **2.8.4 Kebisingan**

Kebisingan didefinisikan sebagai suara yang tak dikehendaki, misalnya yang merintangi terdengarnya suara-suara, music dan sebagainya, atau yang menyebabkan rasa sakit atau yang menghalangi gaya hidup. (JIS Z 8106 [IEC60050-801] kosa kata elektro-teknik internasional Bab 801:Akustikal dan elektroakustik). Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor : KEP-48/MENLH/11/1996 Tentang Baku tingkat kebisingan adalah batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan dari usaha atau kegiatan sehingga tidak menimbulkan gangguan kesehatan manusia dan kenyamanan lingkungan. Sedangkan menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja No.KEP-51/MEN/1999 menyebutkan bahwa kebisingan adalah semua suara yang tidak dikehendaki yang bersumber dari alat-alat proses produksi dan atau alat-alat kerja yang berada pada titik tertentu dapat menimbulkan gangguan pendengaran.



## Laporan Tugas Akhir

### Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Tabel 2.5 Keputusan Menteri negara lingkungan hidup Nomor :  
KEP-48/MENLH/11/1996 Tentang Baku tingkat kebisingan

Status kebisingan	Desibel	Sumber kebisingan
Menulikan	120	
	110	Hallintar Meriam Mesin Uap
	100	
Sangat Hiruk	90	Jalan Hiruk Pikuk Perusaan sgt gaduh Peluit Polisi
	80	
Kuat		Kantor Gaduh Jalan pd Umumnya Radio Perusahaan
	70	
	60	
Sedang	50	Rumah Gaduh Kantor Umumnya Percakapan kuat Radio Perlahan
	40	
Tenang	30	Rumah tenang Kantor perorangan Auditorium Percakapan
	20	
Sangat Tenang	10	Suara Daun-daun Berbisik
	0	Batas dengar terendah

Tabel 2.6 Keputusan Menteri negara lingkungan hidup Nomor : KEP-48/MENLH/11/1996 batas maksimal tingkat kebisingan yang diperbolehkan dibuang ke lingkungan

Peruntukan Kawasan / Lingkungan Kegiatan	Tingkat kebisingan dB (A)
a. peruntukan Kawasan	
1. Perumahan dan Pemukiman	55
2. Perdagangan dan Jasa	70
3. Perkantoran dan perdagangan	65
4. Ruang terbuka hijau	50
5. Industri	70
6. Pemerintahan dan Fasilitas Umum	60
7. Rekreasi	70
8. Khusus:	
• Bandar Udara	
• Stasiun Kereta Api	
• Pelabuhan Laut	70
• Cagar budaya	60
b. Lingkungan Kegiatan	
1. Rumah Sakit atau sejenisnya	55
2. Sekolah atau sejenisnya	55
3. Tempat ibadah atau sejenisnya	55



## **2.9 Koefisien Serap Bunyi**

Proses pemindahan daya bunyi dari suatu ruang tertentu, dalam mengurangi tingkat tekanan bunyi dalam volume tertentu, dikenal sebagai penyerapan suara. Dari berbagai jenis bahan penyerap suara, penyerap jenis berserat merupakan yang paling banyak dijumpai, sebagai contoh jenis selimut mineral wool (rockwool atau glasswool). Penyerap jenis ini mampu menyerap bunyi dalam jangkauan frekuensi yang lebar dan lebih disukai karena tidak mudah terbakar. Namun kelemahannya terletak pada model permukaan yang berserat sehingga harus digunakan dengan hati-hati agar lapisan serat tidak rusak/cacat dan kemungkinan terlepasnya serat-serat halus ke udara karena usia pemakaian.

Penyerap dari bahan berserat dipasarkan dari berbagai ketebalan dan kerapatan sehingga bahan ini merupakan bahan yang paling sesuai dengan frekuensi bunyi yang hendak diserap. Sebagai gambaran umum untuk menyerap bunyi frekuensi rendah diperlukan penyerap berserat dalam ketebalan yang lebih bila dibandingkan dengan untuk menyerap suara berfrekuensi tinggi. Sebagai contoh bila untuk suara berfrekuensi tinggi dibutuhkan ketebalan 30 mm, maka untuk frekuensi rendah dibutuhkan ketebalan 75 mm sampai dengan 100 mm (Mediastika, 2009).

Untuk nilai koefisien penyerapan bunyi pada berbagai material dengan ketebalan tertentu dapat dilihat pada tabel 2.5



Tabel 2.7. Koefisien penyerapan bunyi bahan akustik yang  
sebelunya dipakai untuk indoor

Material	Frekwensi (Hz)					
	125	250	500	1000	2000	4000
<i>Gypsum board</i> (13 mm)	0.29	0.10	0.05	0.04	0.07	0.09
Kayu	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
Gelas	0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
<i>Tegel geocoustic</i> (81 mm)	0.13	0.74	2.35	2.53	2.03	1.73
Beton yang dituang	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
Bata tidak dihaluskan	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
<i>Steel deck</i> (150 mm)	0.58	0.64	0.71	0.63	0.47	0.40

Sumber : (Doelle, Leslie L, 1993)

Proses penyerapan suara berkaitan dengan penurunan jumlah energi bunyi dari udara yang menjalar hingga ia mengenai suatu media berpori atau fleksibel.

Bila suatu gelombang bunyi datang bertemu pada suatu permukaan batas yang memisahkan dua daerah dengan laju gelombang berbeda (seperti gambar 2.6), maka gelombang bunyi tersebut akan dipantulkan ( $R$ ) dan diserap/ditransmisikan ( $\alpha$ ) dan kemungkinan yang terjadi adalah :

1. Dipantulkan semua ( $R = 1$ ), artinya ketika gelombang bunyi datang dan dipantulkan kembali maka nilai efisiensi  $R = 1$  atau koefisien pantul ( $R$ ) adalah 1.
2. Ditransmisikan/diserap semua ( $\alpha = 1$ ), artinya jika gelombang bunyi datang dan gelombang tersebut diserap semua maka nilai efisiensi  $\alpha = 1$  atau koefisien serap ( $\alpha$ ) adalah 1.
3. Sebagian gelombang akan dipantulkan dan sebagian lagi akan ditransmisikan/diserap ( $0 < \alpha < 1$ ).

Jika pada suatu media akustik terdapat dua material

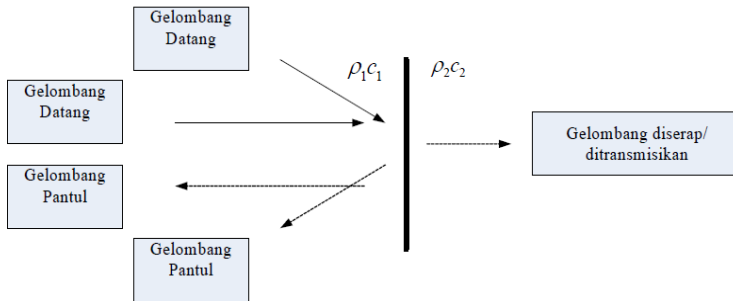


dengan sifat impedansi  $\rho_1 c_1$  dan  $\rho_2 c_2$  seperti pada gambar 2.6, dimana  $\rho$  adalah massa jenis material dan  $c$  adalah cepat rambat bunyi. Gelombang datang dari arah kiri merambat tegak lurus terhadap permukaan bahan. Jika  $\rho_1 c_1$  lebih kecil dari  $\rho_2 c_2$ , energi dari gelombang datang tidak dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi yang tersisa akan menjadi gelombang pantul. Sedangkan jika  $\rho_1 c_1$  lebih besar dari  $\rho_2 c_2$ , energi dari gelombang datang dapat ditransmisikan melewati dataran antar muka, setiap energi akan menjadi gelombang yang diserap. Jika  $\rho_1 c_1$  sama besar dengan  $\rho_2 c_2$ , energy yang ada yang dapat ditransmisikan dan ada juga yang tidak dapat ditransmisikan maka sebagian akan menjadi gelombang pantul dan sebagian lagi akan menjadi gelombang yang diserap. Perbandingan antara energi suara yang diserap oleh suatu bahan dengan energi suara yang datang pada permukaan bahan tersebut didefinisikan sebagai koefisien absorpsi ( $\alpha$ ). Harga koefisien ini bergantung dari sifat material, frekuensi bunyi, dan sudut gelombang bunyi ketika mengenai permukaan material tersebut.

Untuk mendapatkan suatu pembacaan standar secara umum tanpa melihat rentang frekuensi masing-masing koefisien absorpsi bahan, maka dipakai nilai NRC (Noise Reduction coefficient) atau koefisien reduksi bunyi. NRC atau koefisien reduksi bising adalah angka rata-rata koefisien absorpsi material akustik pada frekuensi 250, 500, 1000, dan 2000 Hz. NRC diperlukan untuk menunjukkan seberapa jauh efisiensi bahan dalam mereduksi bunyi, dan ini dipakai sebagai angka standar internasional dalam menilai efisiensi kemampuan bahan dalam mereduksi bunyi. Nilai NRC dijadikan sebagai data dalam menilai kinerja akustik bahan dalam pemilihan dan perancangan



bahan akustik ruang pada mesin atau bangunan secara keseluruhan. (repository.usu.ac.id.2008)

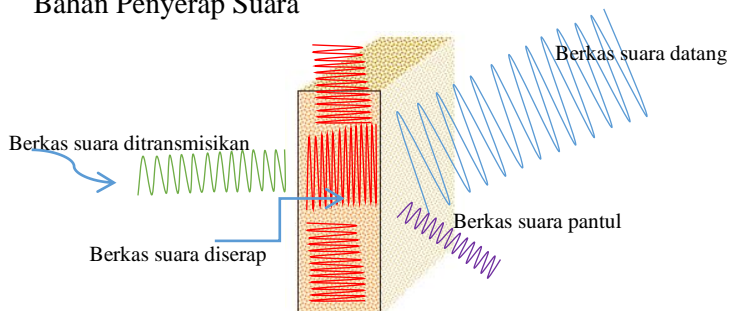


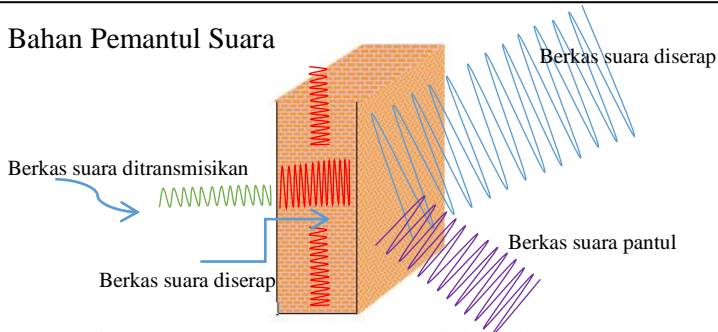
Gambar 2.16 Pemantulan dan penyerapan bunyi dari media akustik  
(sumber : unimed.2011)

Sehingga dapat disimpulkan bahwa:

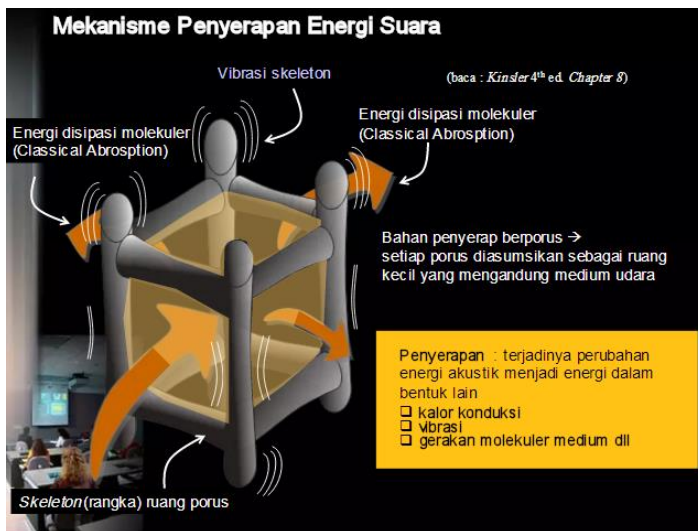
1.  $\rho_1 c_1 > \rho_2 c_2$  akan dipantulkan
2.  $\rho_1 c_1 < \rho_2 c_2$  akan diserap
3.  $\rho_1 c_1 = \rho_2 c_2$  akan diserap dan dipantulkan

### Bahan Penyerap Suara





Gambar 2.17 Fenomena Transmisi dan Absorpsi Suara  
(Kinstler,1982)



Gambar 2.18 Mekanisme Absorpsi Suara (Kinstler,1982)

## 2.10 Penelitian Sebelumnya

Tabel dibawah ini adalah penelitian yang telah dilakukan mengenai sound absorption material.





Tabel 2.8 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian	
			Uji Absorpsi Suara	Uji Sifat Lainnya
Farid dan Bella	Serat bamboo betung dan rami dengan matriks gypsum	Hand lay-up	a. Frekuensi 500 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.347 b. Frekuensi 1000 Hz, Nilai $\alpha$ sebesar 0.376 c. Frekuensi 4000 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.435	-
Farid dan Suban	Serat ampas tebu dan rami dengan matriks gypsum	Hand lay up	a. Frekuensi 500 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.665 b. Frekuensi 1000 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.132 c. Frekuensi 2000 Hz nilai $\alpha$ sebesar 0.090 d. Frekuensi 4000 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.110	a. Pada uji lentur didapat nilai rata-rata 1.73 Mpa



Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian	
			Uji Absorpsi Suara	Uji Sifat Lainnya
Farid dan Agung	Serat ampas tebu dan bamboo betung dengan matriks gypsum	Hand lay up	a. Frekuensi 630 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.354 b. Frekuensi 1250 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.385 c. Frekuensi 2000 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.380 d. Frekuensi 3150 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.416 e. Frekuensi 4000 Hz, nilai $\alpha$ sebesar 0.424	a. Pada uji lentur didapat nilai rata-rata sebesar 1.71 Mpa
Chan Wen Shan, Maizlin da Izwana Idris, dan Mohd Imran	Serat kelapa dan ban bekas dengan matriks polyurethane	Close mould	a. Penambahan serat kelapa dapat meningkatkan porositas komposit, bagus untuk bahan penyerap suara	a. Pada uji TGA didapat temperatur dekomposisi serat kelapa sebesar 250° C



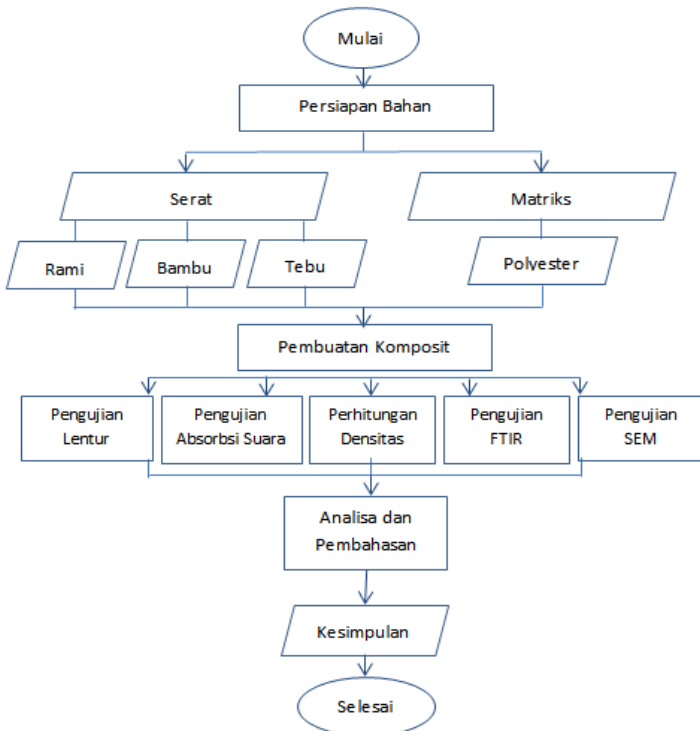
Laporan Tugas Akhir  
Jurusan Teknik Material dan Metalurgi

Nama Peneliti	Serat dan Matriks	Metode Pembuatan	Hasil Pengujian	
			Uji Absorpsi Suara	Uji Sifat Lainnya
Azma Putra dkk	Serat ampas tebu dan matriks polyurethane dan polyester	Hot press method	a. Komposit ampas tebu dengan ketebalan 0.5 inch memiliki sifat absorbs paling baik dengan nilai $\alpha$ sebesar 0.65 pada frekuensi 1.2-4.5 kHz	-

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1 di bawah. Pembuatan diagram alir penelitian bertujuan agar mempermudah pemahaman mengenai langkah-langkah penelitian yang dilakukan, karena digambarkan dengan sistematis.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian



### **3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian**

#### **3.2.1 Bahan Penelitian**

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain :

1. Serat ampas tebu



Gambar 3.2 Serat ampas tebu

2. Serat bambu betung



Gambar 3.3 Serat bambu betung



### 3. Rami



Gambar 3.4 Serat rami

### 4. NaOH



Gambar 3.5 NaOH



## 5. Polyester



Gambar 3.6 Resin Polyester

### 3.2.1 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain :

#### 1. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong bambu agar sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

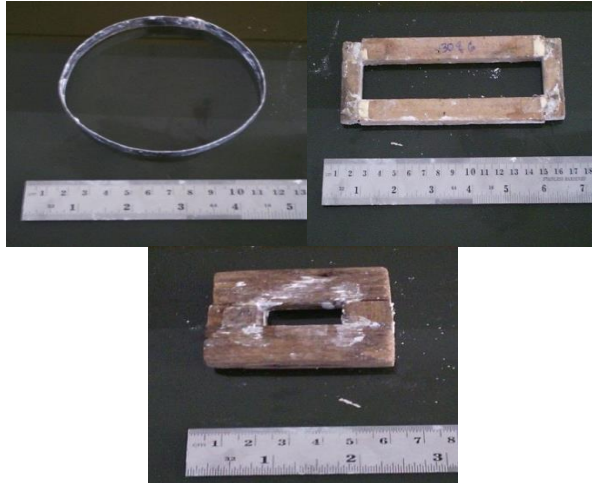


Gambar 3.7 gergaji



## 2. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji



Gambar 3.8 cetakan pembuatan specimen

## 3. Timbangan digital

Digunakan untuk menakar polyester yang digunakan.



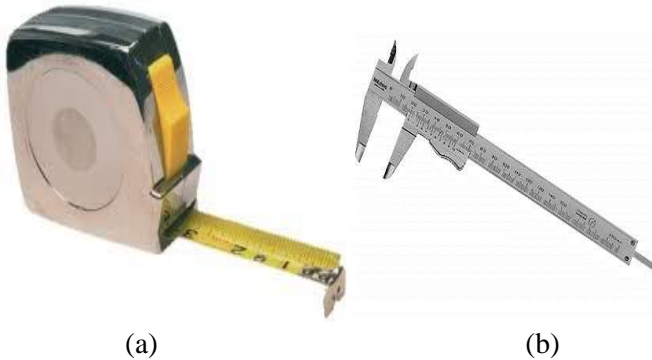
Gambar 3.9 Timbangan Mettler Toledo





#### 4. Alat Pengukur

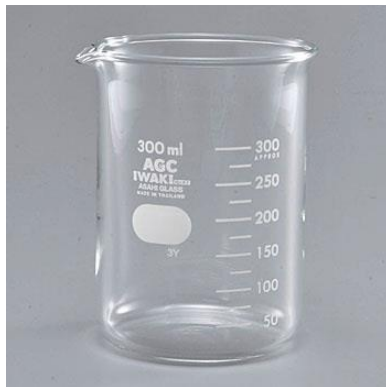
Digunakan untuk mengukur dimensi spesimen



Gambar 3.10 (a) Meteran dan (b) Jangka Sorong

#### 5. Gelas Ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume larutan akuades dan NaOH yang digunakan



Gambar 3.11 Gelas Kimia



6. Pencacah

Digunakan untuk menghaluskan serat menjadi serbuk



Gambar 3.12 Pencacah

7. Mesin *Sieving*

Digunakan untuk memisahkan serat yang menjadi serbuk berdasarkan ukuran dengan satuan um.



Gambar 3. 13 Mesin Sieving merek FRITSCH



8. Mesin Gerinda

Digunakan untuk meratakan dan menghaluskan permukaan dari spesimen



Gambar 3.14 Mesin Gerinda

### 3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini ialah perbandingan fraksi massa antara polyester, serat tebu, serat bambu, dan serat rami terhadap persentase yang ditentukan.

1. (I) 100% polyester.
2. (II) 70% polyester dengan 10% serat rami, 10% serat bambu, dan 10% serat tebu.
3. (III) 70% polyester dengan 20% serat rami, 5% serat bambu, dan 5% serat tebu.
4. (IV) 70% polyester dengan 5% serat rami, 20% serat bambu, dan 5% serat tebu.
5. , (V) 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu.



### 3.4 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Rancangan penelitian

Matriks (%)	Reinforcement (%)				Pengujian			
	Polyester	Rami	Bambu	Tebu	Absorpsi	Lentur	Densitas	FTIR SEM
100	-	-	-	-	👍	👍	👍	👍
70	10	10	10	10	👍	👍	👍	👍
70	20	5	5	5	👍	👍	👍	👍
70	5	20	5	5	👍	👍	👍	👍
70	5	5	20	20	👍	👍	👍	👍

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

Untuk melakukan pengujian dan penelitian, menjadi sebuah keharusan untuk mempersiapkan bahan dan alat yang akan digunakan dalam proses. Hal ini sangat penting agar semua variable bahan dan perlatan berada dalam kondisi ideal sesuai standar yang kita inginkan.

#### 3.5.1 Persiapan Bahan

##### 3.5.1.1 Pengolahan Serat Ampas Tebu

1. Serat ampas tebu dari sisa limbah industri gula direndam dengan larutan NaOH 1M selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan ligninnya.
2. Lalu dicuci bersih dengan air, kemudian disisir dengan sikat kawat untuk menghilangkan gabus yang menempel dengan serat.
3. Setelah itu dikeringkan dengan diangin-anginkan selama 7 hari.



4. Serat ampas tebu yang telah kering dilakukan penyisiran lagi untuk menghilangkan gabus yang masih melekat pada serat.
5. Serat dalam ampas tebu diambil satu persatu secara manual dengan menggunakan tangan untuk memisahkan gabus yang masih tersisa dari serat tebu
6. Serat diblender hingga menjadi serbuk kasar.
7. Serbuk kasar digiling sehingga menjadi lebih halus
8. Serbuk hasil gilingan diayak dengan mesin sieving sehingga menghasilkan ukuran 224 um, 140 um, dan 120 um.

#### **3.5.1.2 Pengolahan Serat Bambu Betung**

1. Bambu betung dipotong sepanjang 40 mm dengan gergaji.
2. Setelah dipotong, bambu dipukul-pukul hingga hancur dan serat terpisah dengan ligninnya secara makro satu sama lain.
3. Serat bambu yang telah dipukul-pukul direndam dengan larutan NaOH 1M selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan ligninnya.
4. Serat dicuci bersih dengan air, lalu dikeringkan.
5. Setelah itu serat diambil dengan mencabutnya satu persatu
6. Serat diblender hingga menjadi serbuk kasar
7. Serbuk kasar digiling sehingga menjadi lebih halus
8. Serbuk hasil gilingan diayak dengan mesin sieving sehingga menghasilkan ukuran 224 um, 140 um, dan 120 um.
9. Serbuk ditimbang sesuai kebutuhan yang diperlukan.

#### **3.5.1.3 Pengolahan Serat Rami**

1. Serat rami dipotong dengan ukuran 40 mm per serat
3. Serat yang telah dipotong direndam dengan larutan NaOH 1M selama 24 jam untuk menghilangkan kandungan ligninnya.
4. Serat dicuci bersih dengan air, lalu dikeringkan.
5. Serat diblender hingga menjadi serbuk kasar
6. Serbuk kasar digiling sehingga menjadi lebih halus
7. Serbuk hasil gilingan diayak dengan mesin sieving sehingga



menghasilkan ukuran 224 um, 140 um, dan 120 um.

8. Serbuk ditimbang sesuai kebutuhan yang diperlukan.

#### **3.5.1.4 Pembuatan Cetakan**

1. Untuk cetakan spesimen uji absorpsi suara terbuat dari bahan seng yang dipotong membentuk persegi panjang lalu dibentuk menjadi bentuk tabung dengan diameter 10 cm dan tinggi 1 cm.
2. Untuk cetakan spesimen uji kelenturan dibuat berbahan kayu, berdimensi 4 mm x 25 mm x 128mm.

#### **3.5.1.5 Pembuatan Komposit**

1. Matriks yang menggunakan polyester dengan ditambahkan katalis sebanyak maksimal 5% dari jumlah polyester dituangkan ke dalam cetakan seperempatnya sebagai lapis pertama.
2. Tiga macam serat yaitu rami, bambu, dan tebu dengan komposisi yang telah diatur sesuai perhitungan dimasukkan serta diratakan ke dalam cetakan.
3. Sisa polyester yang ada dimasukkan ke cetakan hingga tercampur dan masuk ke dalam serat hingga membentuk sesuai kontur cetakan.
4. Agar bentuk lebih sempurna dilakukan pengepresan selama 24 jam dengan tujuan permukaan lebih halus dan datar sehingga membuat kemungkinan adanya rongga kecil.
5. Setelah 1 hari spesimen dibongkar dari cetakan kemudian dibiarkan selama 2-3 hari agar lebih kering.

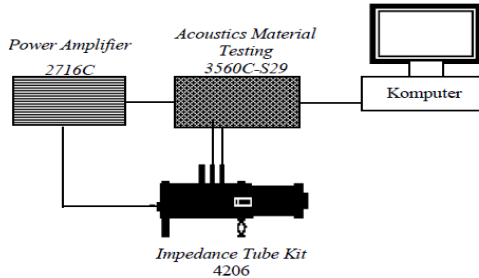
### **3.5.2 Pengujian Sampel**

#### **3.5.2.1 Pengujian Koefisien Absorpsi Suara**

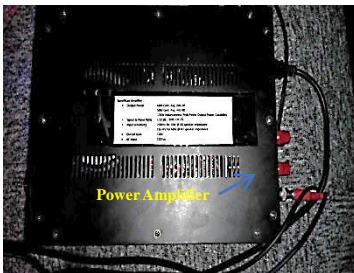
Uji koefisien penyerapan absorpsi suara bertujuan untuk mengetahui kemampuan suatu bahan dalam menyerap suara dimana kualitas bahan tersebut dalam meredam suara ditunjukkan dengan besar kecinya harga  $\alpha$  (koefisien absorpsi suara). Peralatan yang digunakan untuk mengukur koefisien serap bahan



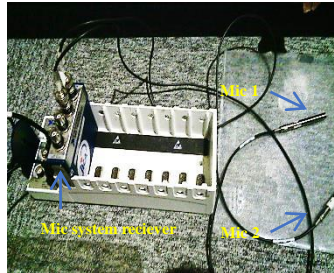
adalah tabung impendansi dengan standarisasi menurut ASTM E1050 dengan ukuran spesimen berdiameter 10 cm dan tinggi 1 cm. Berikut rangkaian system dari alat absorpsi suara dari Laboraturium Akustik Material, Teknik Fisika ITS :



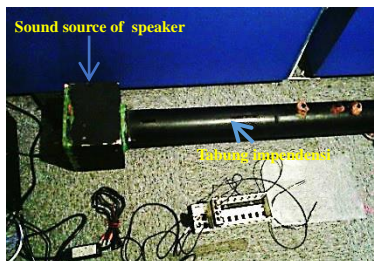
Gambar 3.15 Visualisasi alat uji absorpsi suara



(a)



(b)



(c)

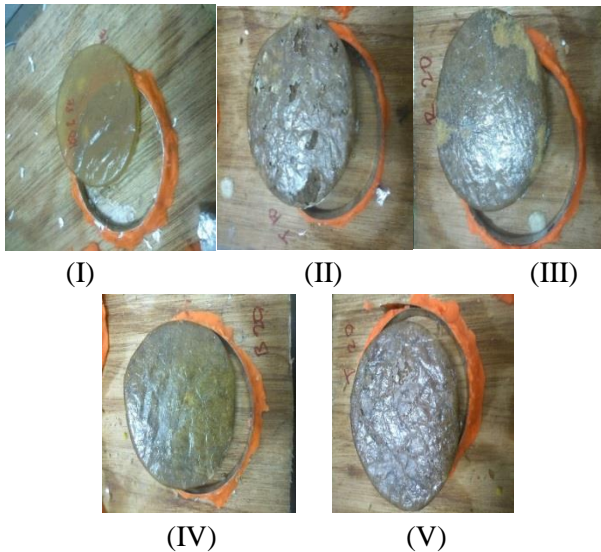
Gambar 3.16 Rangkaian sistem alat uji absorpsi



Rangkaian alat terdiri dari:

1. *Mic system receiver*: Untuk menganalisa sinyal yang diterima mikrofon.
2. *Power Amplifier*: Untuk menguatkan gelombang bunyi.
3. *Impedance Tube kit* : Sebagai tempat pengukuran koefisien serapan sampel.
4. Komputer : Untuk mengolah dan menampilkan data pengujian.

Nilai  $\alpha$  berkisar dari 0 sampai 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, artinya tidak ada bunyi yang diserap (dipantulkan seluruhnya) sedangkan jika  $\alpha$  bernilai 1, artinya 100% bunyi yang datang diserap oleh bahan. Prinsip pengujian adalah spesimen yang berbentuk lingkaran dimasukkan ke dalam kepala tabung impedansi kemudian diatur frekuensi suara pada ampliflier dengan frekuensi 100–4000 Hz, maka speaker memberikan suara ke dalam tabung.



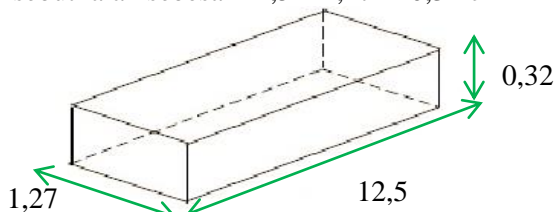
Gambar 3.17 Spesimen uji absorbs suara



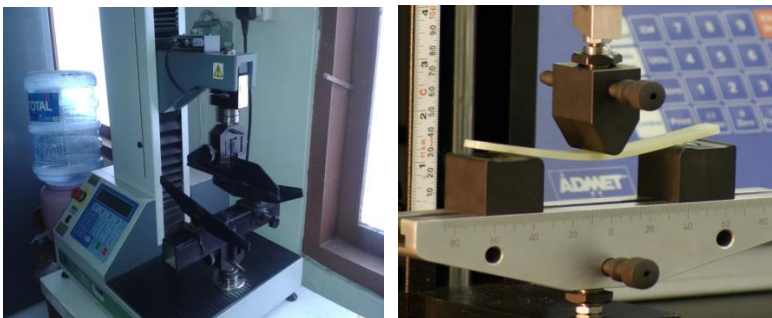


### 3.5.2.2 Pengujian Lentur

Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Baristand Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 12,5 x 1,27 x 0,32 cm



Gambar 3.18 Dimensi spesimen uji lentur



Gambar 3.19 Alat uji lentur

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$\sigma = 3 PL / 2 bd^2$$



Keterangan:

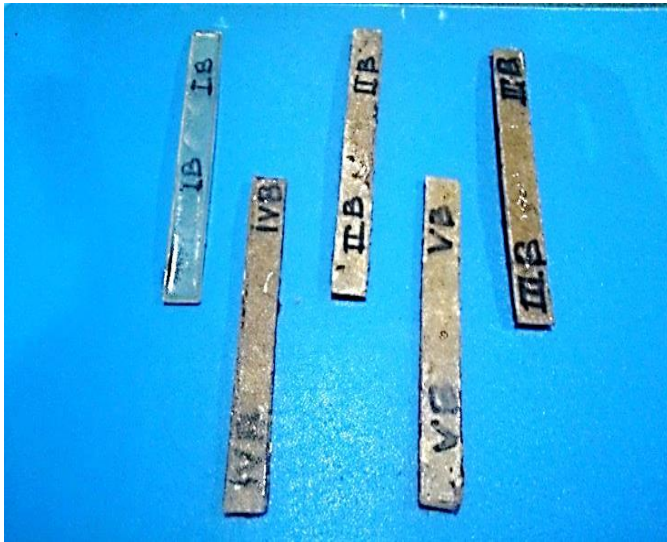
$\sigma$  = Kekuatan Lentur (kg/cm<sup>2</sup>)

L = Support Span (cm)

P = Beban Patah (Kg)

b = Lebar Spesimen (cm)

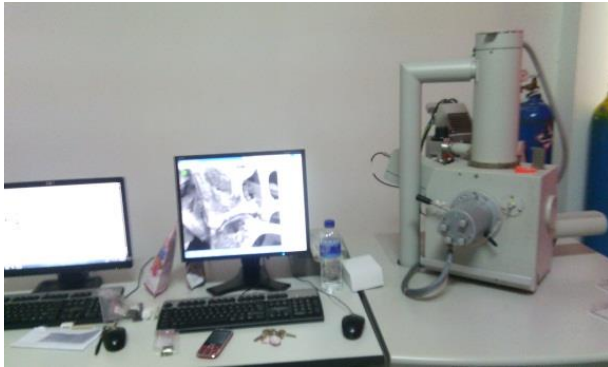
d = Tebal Spesimen (cm)



Gambar 3.20 Spesimen uji lentur

### 3.5.2.3 Pengujian Scanning Electron Microscope (SEM)

Uji SEM mempunyai tujuan guna mengetahui struktur permukaan, adanya pori, dan bentuk partikel pada spesimen uji. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berukuran 1 cm x 1 cm x  $\pm 0,3$  cm. Spesimen pengujian SEM diambil dari patahan spesimen pengujian lentur. Proses pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



Gambar 3.21 Rangkaian alat uji SEM

Prinsip kerja dari alat ini adalah Adapun cara kerja dari SEM adalah electron gun memproduksi electron beam, anoda menangkap electron beam untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, scanner membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari secondary dan back scattered electron untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.

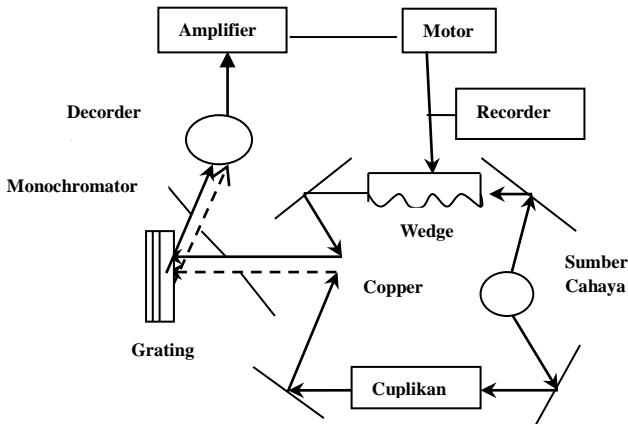
#### **3.5.2.4 Pengujian Densitas**

Polyester merupakan material rigid yang mempunyai void untuk itu perlu diketahui void dari densitas yang terbentuk pada komposit. Uji densitas dilakukan dengan Hukum Archimedes di Laboratorium Fisika Material Jurusan Teknik Material Metalurgi ITS sesuai standar ASTM C271-99



### 3.5.2.5 Pengujian FTIR

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada komposit sesuai standar ASTM E1252 dengan ukuran spesimen  $1\text{cm} \times 1\text{cm} \times 0,32\text{cm}$ . Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari serat bambu serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.18. Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.



Gambar 3.22 Rangkaian alat uji FTIR



Gambar 3.23 Spesimen uji FTIR

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1 Komposisi Komposit Polyester Berpenguat Serat Rami, Bambu Betung, dan Ampas Tebu**

**Tabel 4.1** Komposisi yang digunakan dalam membuat spesimen percobaan

<b>Matriks (%)</b>	<b>Reinforcement (%)</b>		
<b>Polyester</b>	<b>Rami</b>	<b>Bambu</b>	<b>Tebu</b>
100	-	-	-
70	10	10	10
70	20	5	5
70	5	20	5
70	5	5	20

#### **4.2 Pengujian Suara**

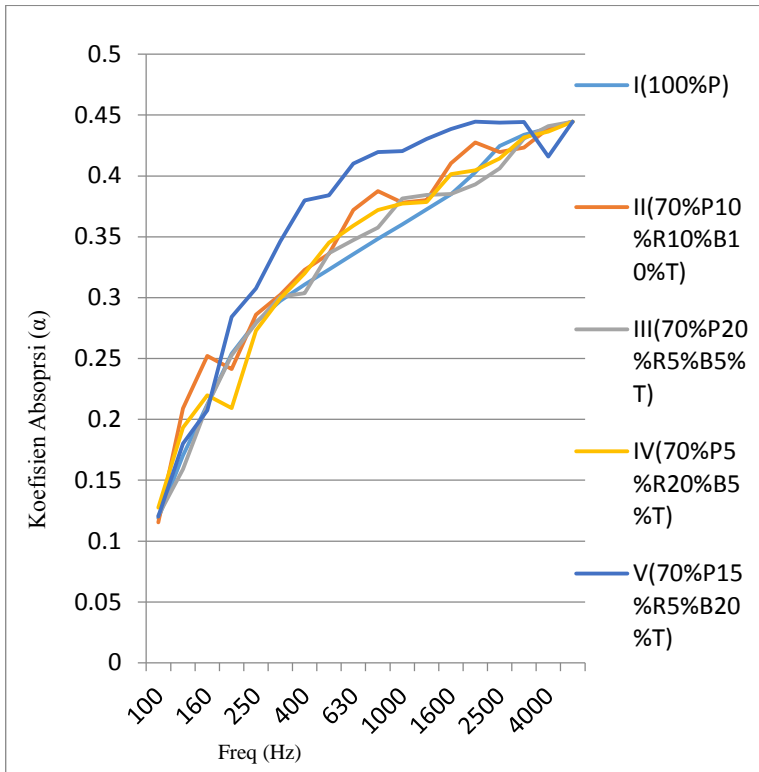
Pengujian akustik absorbs suara dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kemampuan sebuah material dapat menyerap atau memantulkan bunyi. Hal ini diperlukan untuk mencari frekuensi terbaik agar material komposit dapat bekerja secara optimal ketika di aplikasikan ke penggunaan tertentu. Di bawah ini merupakan gambar spesimen pengujian absorbs suara yang komposisinya secara berurutan yaitu (I) 100% polyester, (II) 70% polyester dengan 10% serat rami, 10% serat bambu, dan 10% serat tebu, , (III) 70% polyester dengan 20% serat rami, 5% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (IV) 70% polyester dengan 5% serat rami, 20% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (V) 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu.



#### 4.2.1 Hasil Pengujian Suara

Pengujian absorpsi suara dilakukan di Laboratorium Akustik Jurusan Teknik Fisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Metode yang digunakan dalam pengujian ini sesuai dengan standar ASTM E1050 mengenai pengujian material akustik. Perangkat yang digunakan dalam pengujian ini meliputi : dua *microfon*, *amplifier*, tabung impedansi B&K 4206, *pulse multi analyzer*, dan laptop. Cara kerjanya, spesimen diletakkan didalam tabung impedansi dengan posisi melintang dengan disangga plastisin. Kemudian mensetting frekuensi yang ingin dikeluarkan oleh *sound source*. Gelombang yang datang akan diterima oleh mikrofon 1, diserap oleh permukaan spesimen, dan ditangkap kembali oleh mikrofon 2. Hasil dari gelombang yang datang dan tertangkap oleh mikrofon kemudian dianalisa untuk mendapatkan *Frequency Response Function*. Perhitungan nilai koefisien absorpsi suara menggunakan perangkat lunak *Pulse v6*. Data yang diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.

Dari data yang didapat, perilaku absorpsi suara pada komposit dapat dianalisa. Semakin besar nilai  $\alpha$ , maka penyerapan dan redaman bunyinya semakin baik. Nilai  $\alpha$  berkisar antara 0 hingga 1. Jika  $\alpha$  bernilai 0, berarti bunyi tidak diserap sedangkan. Jika  $\alpha$  bernilai lebih dari 0 tetapi kurang dari 1, berarti sebagian bunyi diserap dan sebagian dipantulkan atau diteruskan. Jika  $\alpha$  bernilai 1, berarti bunyi diserap seluruhnya.



**Gambar 4.1** Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Suara

**Tabel 4.2** Tabel Hasil Pengujian Absorpsi Suara

freq	Koefisien Absorpsi ( $\alpha$ )				
	I	II	III	IV	V
100	0.118903	0.115389	0.120969	0.127507	0.12001
125	0.170245	0.208991	0.159117	0.193131	0.180052
160	0.212081	0.252221	0.211503	0.219836	0.207317
200	0.253953	0.241352	0.252618	0.209233	0.284284
250	0.279801	0.286090	0.278961	0.272996	0.307498





Frew	Koefisien Absorpsi ( $\alpha$ )				
	I	II	III	IV	V
315	0.297301	0.302428	0.300685	0.299483	0.346137
400	0.310677	0.322909	0.303551	0.319894	0.379904
500	0.323182	0.335937	0.33644	0.345078	0.384126
630	0.33562	0.371976	0.347227	0.359239	0.410074
800	0.34824	0.387455	0.357543	0.372118	0.419599
1000	0.360291	0.377999	0.381407	0.377247	0.420369
1250	0.372495	0.380158	0.38441	0.378563	0.4305
1600	0.384847	0.410363	0.385257	0.401524	0.438583
2000	0.403095	0.427545	0.392906	0.404707	0.444444
2500	0.424504	0.419658	0.406118	0.414286	0.44382
3150	0.433704	0.423309	0.430542	0.431736	0.444286
4000	0.439042	0.439088	0.440816	0.436365	0.415918
5000	0.444444	0.444444	0.444444	0.444444	0.444444

Tabel 4.2 menunjukkan hasil pengujian absorbs suara pada tiap specimen. Data yang dihasilkan cukup fluktuatif pada tiap jenis specimen di berbagai frekuensi suara yang dibenturkan.

Pada specimen I, pertama kali diuji dengan frekuensi 100 Hz dan menghasilkan nilai  $\alpha$  0,118903. Terus meningkat seiring dengan semakin tingginya frekuensi yang diberikan, hingga pada frekuensi 4000 Hz menghasilkan nilai  $\alpha$  0,439042.

Pada specimen II juga diawali pada frekuensi 100 menghasilkan nilai  $\alpha$  0,115389. Nilai  $\alpha$  nya juga terus meningkat seiring dengan pertambahan frekuensi, namun sempat mengalami penurunan pada frekuensi 2500 dengan nilai  $\alpha$  0,419658. Padahal pada frekuensi uji sebelumnya yaitu 2000 Hz menghasilkan nilai  $\alpha$  0,427545. Nilai  $\alpha$  nya kembali meningkat kembali setelah



melewati frekuensi 2500 Hz, dan menghasilkan  $\alpha$  sebesar 0,439088 pada frekuensi 4000 Hz.

Spesimen III terlihat seperti specimen I, tidak ada penurunan nilai  $\alpha$  pada beberapa frekuensi tinggi seperti pada specimen II. Namun specimen III memiliki penyerapan suara yang lebih baik dari dua specimen sebelumnya. Jika pada dua specimen sebelumnya pada frekuensi awal hanya mendapat nilai  $\alpha$  tidak lebih dari 0,11, maka di specimen III mencapai nilai 0,12 pada frekuensi rendah 100 Hz. Dan pada frekuensi tinggi 4000 Hz dimana dua specimen sebelumnya hanya mencapai tidak lebih dari 0,43, di specimen III ini nilai  $\alpha$  sudah mampu mencapai 0,44.

Di specimen IV terjadi peningkatan kembali yang lebih baik terhadap penyerapan suara. Pada frekuensi 100 Hz sudah menghasilkan nilai  $\alpha$  mencapai 0,127, melebihi tiga specimen sebelumnya yang tidak lebih dari 0,12. Juga specimen keempat ini peningkatan nilai  $\alpha$  nya relatif stabil terhadap perubahan frekuensi, tidak terjadi penurunan nilai  $\alpha$ . Namun pada frekuensi 4000 Hz, specimen IV kalah dari tiga specimen sebelumnya. Hanya menghasilkan nilai  $\alpha$  0,436 dimana sebelumnya sudah lebih dari 0,439 bahkan 0,44.

Selanjutnya pada specimen terakhir menghasilkan nilai  $\alpha$  sebesar 0,12001 pada frekuensi 100 Hz. Cukup mengalami kenaikan yang konstan seiring peningkatan frekuensi, namun sedikit mengalami penurunan di pada frekuensi 2500 Hz yaitu menghasilkan nilai  $\alpha$  0,44382 padahal pada frekuensi sebelumnya, 2000 Hz, menghasilkan 0,444. Nilai  $\alpha$  naik kembali turun menjadi 0,444286 pada frekuensi 3150. Penurunan nilai  $\alpha$  kembali berlanjut menjadi 0,415918 padahal pada specimen – specimen sebelumnya sudah mencapai lebih dari 0,43. Merupakan hasil koefisien penyerapan suara terkecil diantara specimen uji.



Pada grafik hasil pengujian absorbs suara yang ditunjukkan pada gambar 4.2, menunjukkan bahwa kemampuan spesimen material komposit dalam menyerap suara tergolong baik ketika berada pada frekuensi tinggi. Juga dari gambar grafik terlihat bahwa spesimen V dengan 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu mempunyai nilai  $\alpha$  yang cenderung lebih tinggi dan lebih stabil di berbagai frekuensi suara yang diberikan jika dibandingkan dengan 4 spesimen lain yang diuji.

Jika melihat data hasil pengujian absorbs suara, kemudian menggunakan standar ISO 11654:1997, maka material komposit ini telah memenuhi syarat minimum dan boleh diklasifikasikan sebagai material absorbs suara kelas D.

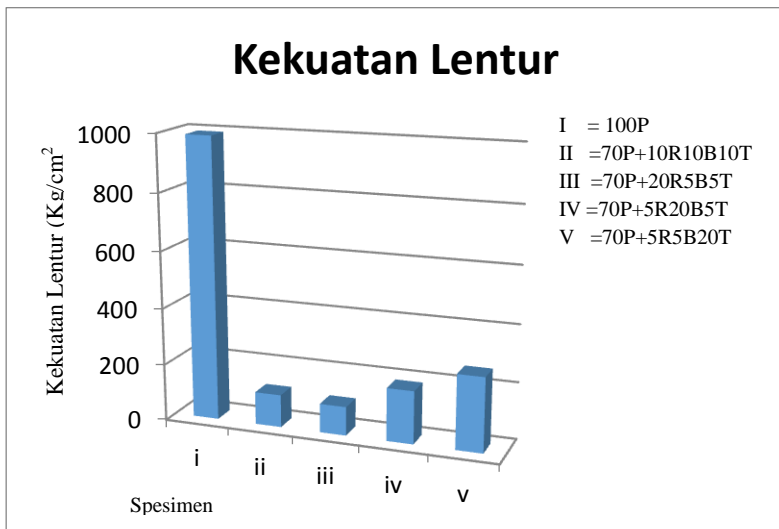
#### **4.3 Pengujian Lentur**

Pengujian ini merupakan salah satu pengujian sifat mekanik terhadap spesimen atau bahan, baik yang akan digunakan pada kontraksi atau komponen yang akan menerima pembebanan pada satu atau beberapa titik dari spesimen tersebut. Pengujian ini menggunakan metode three point bend sesuai standar ASTM D790, dimensi spesimen 12,7 cm x 1,27 cm dan tinggi 0,32 cm. Pengujian ini bertujuan untuk mendapatkan nilai kekuatan lentur dari material komposit yang telah dibuat yang mana komposisi spesimen ujinya adalah (I) 100% polyester, (II) 70% polyester dengan 10% serat rami, 10% serat bambu, dan 10% serat tebu, , (III) 70% polyester dengan 20% serat rami, 5% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (IV) 70% polyester dengan 5% serat rami, 20% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (V) 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu.



### 4.3.1 Hasil Pengujian Kuat Lentur

Pengujian kuat lentur dilakukan di Laboratorium Pengujian dan Kalibrasi Fisika, Balai Riset dan Standardisasi Industri Surabaya. Setiap variable menggunakan dua spesimen yang diuji sehingga rata – rata dari spesimen uji menjadi hasil untuk satu variable.



**Gambar 4.2** Grafik kekuatan uji lentur

**Tabel 4.3** Hasil Pengujian Kuat Lentur

Spesimen Uji		Hasil Uji Kuat Lentur	Kekuatan Lentur Rata-Rata ( $\text{Kg/cm}^2$ )
I	A	724.5	990.82
	B	1257.14	
II	A	51.32	114.75
	B	178.18	



Spesimen Uji		Hasil Uji Kuat Lentur	Kekuatan Lentur Rata-Rata ( $\text{Kg/cm}^2$ )
III	A	113.88	101.465
	B	89.05	
IV	A	201.36	185.89
	B	170.42	
V	A	289.77	261.66
	B	233.55	

Gambar 4.4 dan table 4.3 menunjukkan bahwa kekuatan lentur tertinggi ada pada spesimen I dimana komposisinya adalah 100% polyester, mencapai  $990,82 \text{ Kg/cm}^2$ . Namun karena komposisinya hanya polyester dan tidak dicampur material lain maka tidak bisa disebut kekuatan uji komposit. Spesimen I hanya dijadikan pembanding untuk polyester sebagai *matriks* dipadukan dengan serat alam sebagai *reinforcement*. Dari grafik dan tabel, kita bisa melihat bahwa material komposit yang mempunyai kekuatan lentur tertinggi ada pada spesimen V dimana kekuatan lenturnya mencapai  $261,66 \text{ Kg/cm}^2$  dengan komposisi 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu. Sedangkan material II, III, dan IV masing – masing berurutan nilai kekuatan lenturnya berada pada angka  $114,75 \text{ Kg/cm}^2$ ,  $101,465 \text{ Kg/cm}^2$ , dan  $185,89 \text{ Kg/cm}^2$ . Jadi Material komposit yang *reinforcement* nya didominasi oleh serat tebu memiliki kekuatan lentur yang paling baik jika akan diaplikasikan pada suatu model.

#### 4.4 Perhitungan Densitas

Densitas digunakan untuk mengetahui kekompakan dan kepadatan material. Komposit yang kompak akan tahan terhadap



proses penekanan sehingga ikatan antara partikel penyusun komposit menjadi kuat dan ruang antara partikel penyusun komposit menjadi sangat kuat dan ruang antara partikel bahan pakan tidak terisi rongga udara (Murdinah, 1989). Pengujian densitas dilakukan dengan mengukur massa dan volume dari komposit. Dari percobaan didapatkan nilai massa jenis pada komposisi serat.

#### 4.4.1 Hasil Perhitungan Densitas

Dari percobaan didapatkan nilai massa jenis pada komposisi serat rami, bambu dan serat ampas tebu dengan matriks *polyester* menggunakan fraksi massa masing-masing dengan komposisi (I) 100% polyester, (II) 70% polyester dengan 10% serat rami, 10% serat bambu, dan 10% serat tebu, , (III) 70% polyester dengan 20% serat rami, 5% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (IV) 70% polyester dengan 5% serat rami, 20% serat bambu, dan 5% serat tebu, , (V) 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu, adalah sebagai berikut:

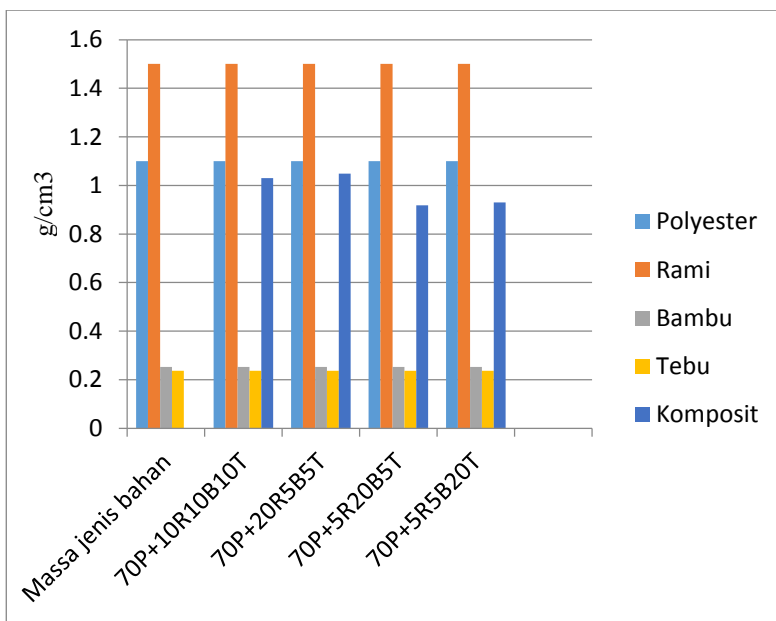
**Tabel 4.4** Massa jenis Matriks dan serat sebelum dicampurkan menjadi komposisiit

Bahan	Massa Jenis g/cm <sup>3</sup>
Polyester	1,1
Rami	1,5
Bambu	0,253
Tebu	0,237



**Tabel 4.5** Massa jenis spesimen setelah Matriks dan serat dicampurkan menjadi material komposiit

Spesimen No	Massa gr	Diameter cm	Tebal cm	Volume Cm <sup>3</sup>	Massa Jenis g/cm <sup>3</sup>
I	76,72	9,3	10	74,31823	1,032317
II	77,86	9,81	10	75,54534	1,030639
III	77,16	9,68	10	73,55638	1,048991
IV	69,51	9,82	10	75,69943	0,918237
V	69,36	9,76	10	74,62406	0,929459



**Gambar 4.3** Grafik uji densitas



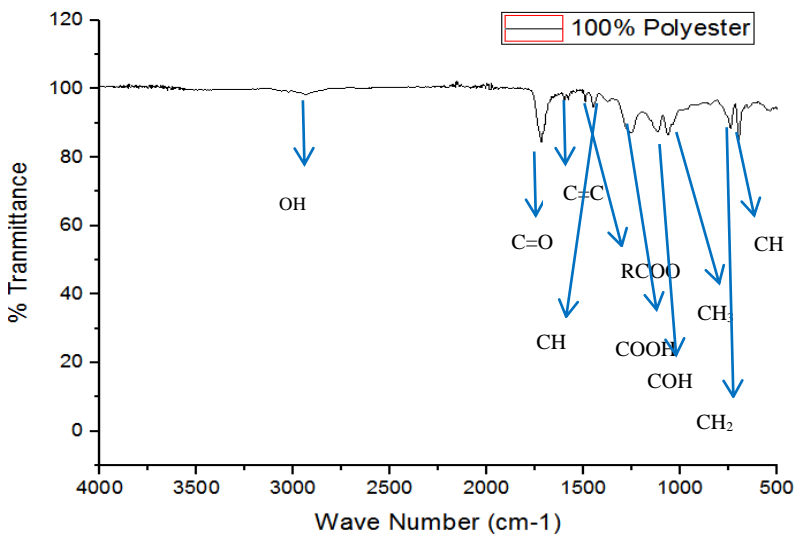
**Tabel 4.6** Peningkatan densitas pada komposit (dalam g/cm<sup>3</sup>)

	Polyester	Rami	Bambu	Tebu	Komposit
<b>Massa jenis / Bahan</b>	1.1	1.5	0.253	0.237	
<b>70P+10R10B10T</b>	1.1	1.5	0.253	0.237	1
<b>70P+20R5B5T</b>	1.1	1.5	0.253	0.237	1
<b>70P+5R20B5T</b>	1.1	1.5	0.253	0.237	0.918237
<b>70P+5R5B20T</b>	1.1	1.5	0.253	0.237	0.929459

## 4.5 Pengujian FTIR

Digunakan untuk memastikan bahwa antara matrik dan reinforcement tidak terbentuk ikatan kimia.

### 4.5.1 Spesimen I : 100% Polyester



**Gambar 4.4** Hasil uji FTIR pada 100% Polyester





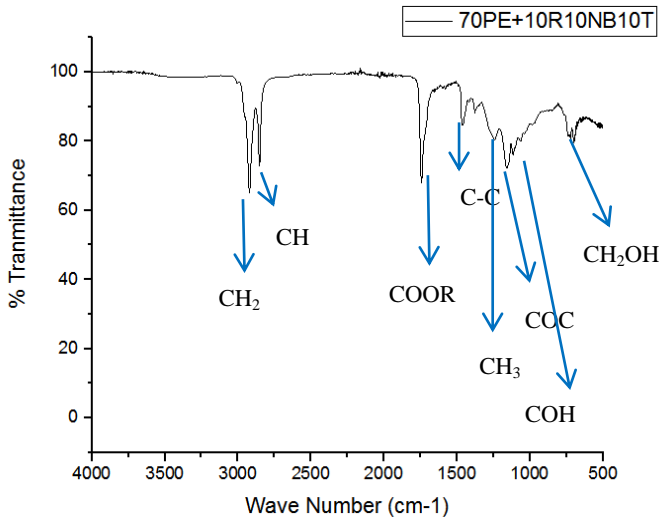
**Tabel 4.7** Daerah serapan *wave number* 100% Polyester

Daerah serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan	Gugus fungsi
2933	OH	Alkohol
1718	C=O	Keton
1654	C=O	Keton
1647	C=C	Aromatic
1599	C-C	Alkana
1578	RCOO	Ester
1450	CH	Alkana
1375	COOH	Alkana
1115	COH	Alkoho;

Dari hasil pengujian spesimen dengan komposisi polyester 100%, gugus fungsi polyester terdapat di *wave number*  $1578 \text{ cm}^{-1}$ . Dari table dapat dilihat adanya ikatan OH pada puncak gelombang  $2933 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=O pada  $1718 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=C pada  $1647 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-C pada 1599, ikatan RCOO pada  $1578 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH pada  $1450 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan COOH pada  $1375 \text{ cm}^{-1}$  dan  $\text{CH}_2$  pada  $1064 \text{ cm}^{-1}$ .



#### 4.5.2 Spesimen II : 70%PE+10R10B10T



**Gambar 4.5** Hasil ujin FTIR pada 70%P+10R10B10T

**Tabel 4.8** Daerah serapan *wave number* 70%PE+10R10B10T

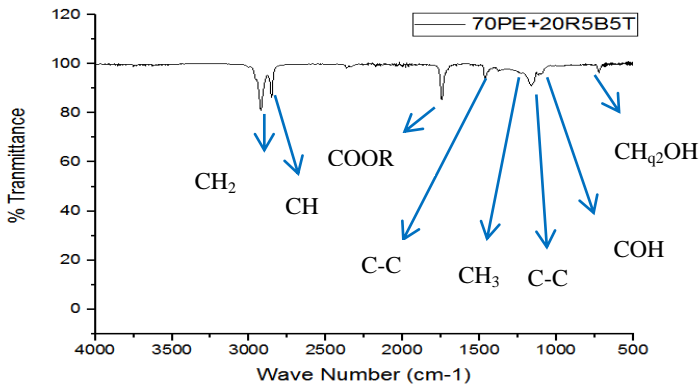
Daerah serapan (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan	Gugus fungsi
2920	CH <sub>2</sub>	Alkana
2851	CH	Alkana
1741	COOR	Ester
1459	C-C	Alkana
1376	CH <sub>3</sub>	Alkana
1159	COC	Ether
1115	COH	Alkohol
721	CH <sub>2</sub> OH	Lipid

Dari table 4.8 menunjukkan *wavenumber* dari puncak hasil pengujian FTIR, terdapat ikatan CH<sub>2</sub> pada puncak gelombang 2920 cm<sup>-1</sup>, ikatan CH pada 2851 cm<sup>-1</sup>, ikatan COOR



pada  $1741\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-C pada  $1459\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{CH}_3$  pada  $1376\text{ cm}^{-1}$ , ikatan COC pada  $1159\text{ cm}^{-1}$ , ikatan COH pada  $1115\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $721\text{ cm}^{-1}$ . Dengan ditambahkannya serat ramii, bambu, dan tebu sebagai reinforcement, FTIR menunjukkan adanya ikatan COC, COH, dan CH sebagai ikatan yang terdapat pada selulosa serat.

#### 4.5.3 Spesimen III : 70%P+20R5B5T



**Gambar 4.6** Hasil uji FTIR pada 70%P+20R5B5T

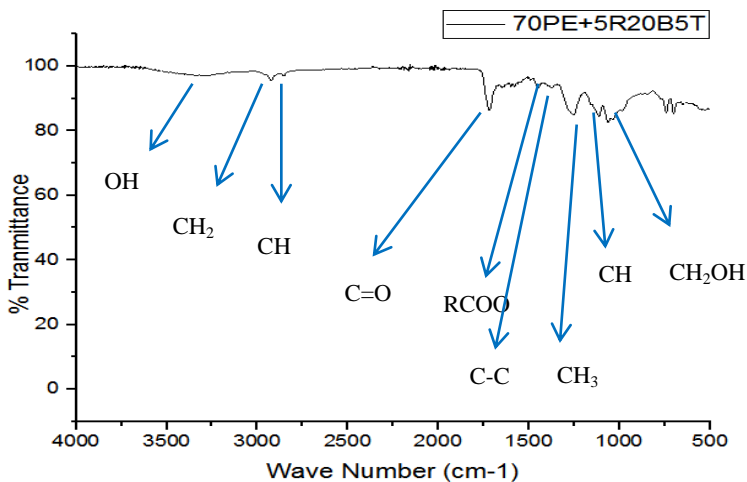
**Tabel 4.9** Daerah serapan *wave number* 70%P+20R5B5T

Daerah serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan	Gugus fungsi
2921	$\text{CH}_2$	Alkana
2852	CH	Alkana
1743	COOR	Ester
1458	C-C	Alkana
1376	$\text{CH}_3$	Alkana
1162	COC	Ether
1115	COH	Alkohol
720	$\text{CH}_2\text{OH}$	Lipid



Dari table 4.9 menunjukkan *wavenumber* dari puncak hasil pengujian FTIR, terdapat ikatan  $\text{CH}_2$  pada puncak gelombang  $2921\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{CH}$  pada  $2852\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{COOR}$  pada  $1743\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{C-C}$  pada  $1459\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{CH}_3$  pada  $1376\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{COC}$  pada  $1162\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{COH}$  pada  $1115\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $721\text{ cm}^{-1}$ . Jika diperhatikan, hasil uji FTIR pada spesimen III ini mirip dengan hasil uji FTIR pada spesimen II.

#### 4.5.4 Spesimen IV : 70%P+5R20B5T



**Gambar 4.7** Hasil uji FTIR pada 70%P+5R20B5T



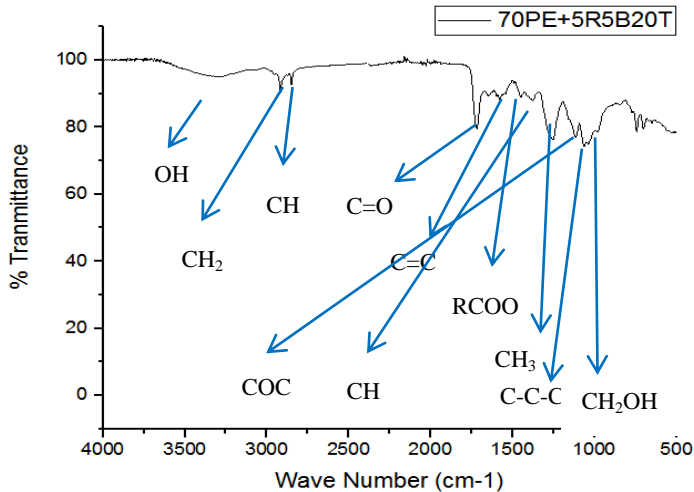
**Tabel 4.10** Daerah serapan *wave number* 70%P+5R20B5T

Daerah serapan ( $\text{cm}^{-1}$ )	Ikatan	Gugus fungsi
3341	OH	Alkohol
2921	CH <sub>2</sub>	Alkana
2852	CH	Alkana
1718	C=O	Keton
1647	C=C	Aromatic
1577	RCOO	Ester
1490	C-C	Alkana
1448	CH <sub>3</sub>	Alkana
1370	CH	Alkana
1253	COC	Ether
1111	COH	Alkohol
1061	CH <sub>2</sub> OH	Lipid

Dari table 4.10 menunjukkan *wavenumber* dari puncak hasil pengujian FTIR, terdapat ikatan OH pada puncak gelombang  $3341 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH<sub>2</sub> pada  $2921 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH pada  $2852 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=O pada  $1718 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=C pada  $1647 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan RCOO pada  $1577 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-C pada  $1490 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH<sub>3</sub> pada  $1448 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH pada  $1370 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan COC pada  $1253 \text{ cm}^{-1}$ , ikatan COH pada  $1111 \text{ cm}^{-1}$ , dan gugus CH<sub>2</sub>OH pada  $1061 \text{ cm}^{-1}$ . FTIR menunjukkan adanya ikatan COC, COH, dan CH sebagai ikatan yang terdapat pada selulosa.



#### 4.5.5 Spesimen V : 70%P+5R5B20T



**Gambar 4.8** Hasil uji FTIR pada 70%P+5R5B20T

**Tabel 4.11** Daerah serapan *wave number* 70%P+5R5B20T

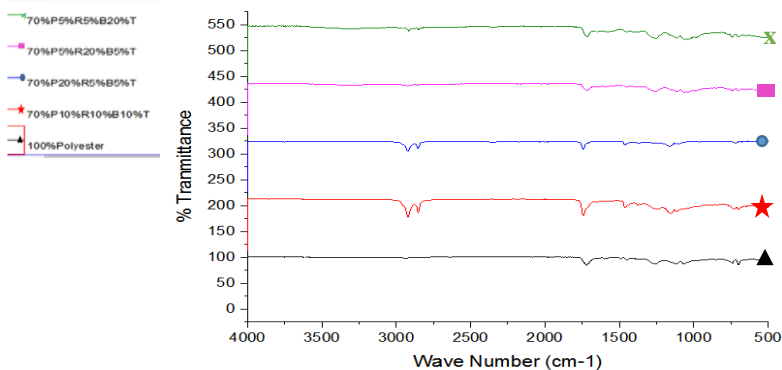
Daerah serapan (cm <sup>-1</sup> )	Ikatan	Gugus fungsi
3274	OH	Alkohol
2915	CH <sub>2</sub>	Alkana
2849	CH	Alkana
1717	C=O	Keton
1647	C=C	Aromatic
1577	RCOO	Ester
1448	CH <sub>3</sub>	Alkana
1376	CH	Alkana
1252	COC	Ether
1112	C-C-C	Alkana
1062	CH <sub>2</sub> OH	Lipid



Dari table 4.11 menunjukkan *wavenumber* dari puncak hasil pengujian FTIR, terdapat ikatan OH pada puncak gelombang  $3374\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{CH}_2$  pada  $2915\text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH pada  $2849\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=O pada  $1717\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C=C pada  $1647\text{ cm}^{-1}$ , ikatan RCOO pada  $1577\text{ cm}^{-1}$ , ikatan  $\text{CH}_3$  pada  $1448\text{ cm}^{-1}$ , ikatan CH pada  $1376\text{ cm}^{-1}$ , ikatan COC pada  $1252\text{ cm}^{-1}$ , ikatan C-C-C pada  $1252\text{ cm}^{-1}$ , dan gugus  $\text{CH}_2\text{OH}$  pada  $1062\text{ cm}^{-1}$ . FTIR menunjukkan adanya ikatan COC, COH, dan CH sebagai ikatan yang terdapat pada selulosa serat.

Jadi, dari hasil FTIR terlihat bahwa tidak ada satupun wavenumber yang menunjukkan adanya ikatan yang terbentuk antara matriks dan reinforcement. Hasil FTIR hanya menunjukkan ikatan yang ada pada polymer sebagai matriksnya dan adanya gugus lipid yang menunjukkan adanya serat di dalam komposit namun tidak satupun menunjukkan adanya ikatan antara polymer dan serat. Hal ini menunjukkan bahwa material tersebut memang dipastikan sebagai komposit.

#### 4.5.6 Perbandingan Hasil FTIR antar Spesimen yang Diuji



**Gambar 4.9** Perbandingan Hasil FTIR antar Spesimen yang Diuji



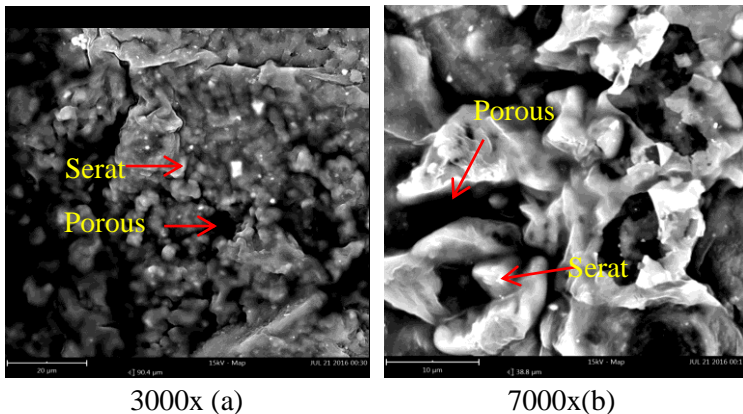
#### 4.6 Pengujian SEM

Pengujian *Scanning Electron Microscope* akan memperlihatkan morfologi dari biokomposit polyester berpenguat serat rami, bamboo, dan tebu dengan gambar material tersebut

Proses pencitraan gambar morfologi biokomposit polyester berpenguat serat rami, bamboo, dan tebu ini dilakukan di laboratorium NDT (*Non Destructive Test*) Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya. Pada pengujian SEM ini spesimen biokomposit dibuat berdasarkan ASTM E2809 yaitu memiliki dimensi 10 mm x 10 mm x 3 mm lalu dilapisi dengan *coating* AuPd. Proses *coating* dilakukan di laboratorium energy ITS. Setelah itu spesimen di masukkan ke dalam alat uji SEM dan diambil gambar.

##### 4.6.1 Hasil Pengujian SEM

Untuk hasil pengujian SEM dapat dilihat pada gambar dibawah ini :

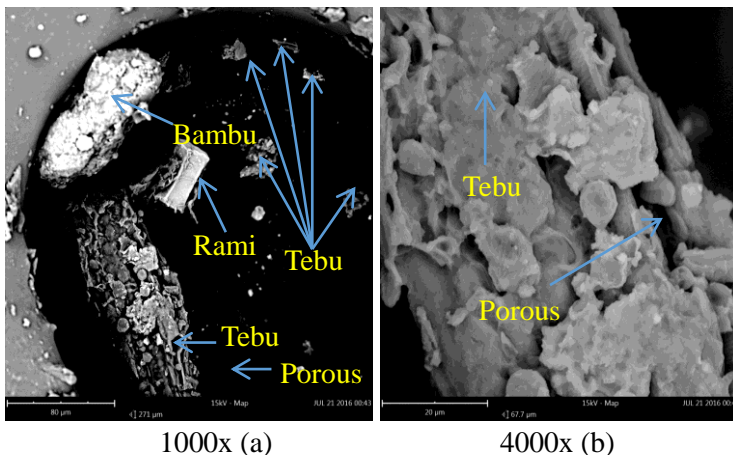


**Gambar 4.10** Hasil Pengujian SEM pada perbesaran 3000x dan 7000x pada spesimen 70%P+10%R10%B10%T





Dari hasil gambar 4.10 pengujian SEM di atas terlihat bahwa serat yang berbentuk serbuk tersebar memenuhi matriks namun terbentuk banyak celah berwarna hitam diantara serat dan matriks yang menunjukkan adanya pori dari material tersebut. Pori ini berfungsi sebagai rongga untuk menyerap suara yang dipantulkan ke permukaan spesimen komposit. Jumlah pori ini mempengaruhi nilai absorpsi suara material. Selain itu, pori ini memberi ruang kepada serat untuk bervibrasi mengubah gelombang suara menjadi energi dalam bentuk lain seperti kalor.



**Gambar 4.11** Hasil Pengujian SEM pada perbesaran 1000x dan 4000x pada spesimen 70%P+5%R5%B20%T

Dari hasil pengujian absorpsi suara sebelumnya didapatkan bahwa koefisien absorpsi suara terbaik dan paling stabil ada pada komposit dengan dominasi serat tebu, yang mempunyai variasi serat 70% Polyester + 5% Rami 5% Bambu 20% Tebu. Pada hasil pengujian kekuatan lentur, material



biokomposit yang mempunyai kuat lentur terbesar juga terdapat di komposit dengan dominasi serat tebu. Dengan gambar dari hasil pengujian SEM pada gambar 4.11, terlihat berdasarkan penelitian dan jurnal sebelumnya, terindikasikan bahwa serat tebu memiliki banyak rongga sehingga memungkinkan menyerap lebih banyak gelombang suara untuk diubah ke bentuk energi lain daripada serat rami dan bambu yang lebih sedikit memiliki rongga di permukaannya. Banyaknya pori pada serat tebu membuat lebih banyak molekul udara berosilasi diantara pori-pori tersebut. Osilasi menyebabkan gesekan sehingga timbul panas sehingga energi suara berubah menjadi energi panas. Selain itu osilasi ini juga menyebabkan berubahnya arah dari gelombang suara tersebut, dan menghamburkannya ke segala arah sehingga gelombang suara kehilangan momentum untuk memantul ke arah datang. Hal ini menjelaskan mengapa spesimen komposit dengan dominasi serat tebu, yang mempunyai variasi 70% Polyester + 5% Rami 5% Bambu 20% Tebu memiliki nilai koefisien serap suara yang bagus dibandingkan komposit dengan dominasi serat Rami atau Bambu. Sedikitnya pori pada spesimen komposit dengan dominasi serat selain tebu menyebabkan gelombang suara hanya terserap sedikit, kemudian memantul tanpa adanya hambatan atau hamburan, sehingga suara yang diserap cenderung lebih sedikit dibandingkan komposit dengan pori yang banyak.



*( halaman ini sengaja dikosongkan )*

## **LAMPIRAN A PERHITUNGAN**

Perbandingan volume serat : volume polyester = 30%:70%

### **Mencari massa jenis serat**

$$\rho_2 = \frac{w_1 \times \rho_w}{w_2 - (w_3 - ww)}$$

Keterangan :

$\rho_2$  = massa jenis serat ampas tebu ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$\rho_w$  = massa jenis air ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )

$w_1$  = massa kering (gr)

$w_2$  = massa basah (gr)

$w_3$  = massa dalam air (gr)

$ww$  = massa benang dan timbangan

Mencari massa jenis serat ampas tebu Diketahui :

$\rho_w = 1 \text{ gr}/\text{cm}^3$

$w_1 = 1 \text{ gr}$

$w_2 = 4,36 \text{ gr}$

$w_3 = 0,135 \text{ gr}$

Asumsi : timbangan dapat dinetralkan, sehingga  $ww=0$

$$\rho_2 = \frac{1 \times 1}{4,36 - (0,135)}$$
$$\rho_2 = 0,237 \text{ gr}/\text{cm}^3$$

Mencari massa jenis serat bambu betung Diketahui :

$\rho_w = 1 \text{ gr}/\text{cm}^3$

$$w_1 = 1 \text{ gr}$$

$$w_2 = 4,36 \text{ gr}$$

$$w_3 = 0,117 \text{ gr}$$

Asumsi : timbangan dapat dinetralkan, sehingga  $w_w=0$

$$\rho_2 = \frac{1 \times 1}{4,07 - (0,117)}$$

$$\rho_2 = 0,253 \text{ gr/cm}^3$$

Mencari massa jenis serat rami Diketahui :

$$\rho_w = 1 \text{ gr/cm}^3$$

$$w_1 = 1 \text{ gr}$$

$$w_2 = 4,36 \text{ gr}$$

$$w_3 = 3,693 \text{ gr}$$

Asumsi : timbangan dapat dinetralkan, sehingga  $w_w=0$

$$\rho_2 = \frac{1 \times 1}{4,07 - (3,693)}$$

$$\rho_2 = 1,5 \text{ gr/cm}^3$$

Diketahui :

Massa jenis polyester =  $1,12 \text{ gr/cm}^3$

Dimensi cetakan berdasarkan standar yang telah ditentukan pada metodologi.

Mencari volume masing-masing cetakan :

- Cetakan Uji Koefisien Absorpsi  

$$V = \pi r^2 t = \pi (50\text{mm})^2 \times 10\text{mm}$$

$$= 78500 \text{ mm}^3$$

$$= 78,5 \text{ cm}^3$$

- Cetakan Uji Kekuatan Lentur

$$V = p.l.t = 12,5 \text{ cm} \times 1,27 \text{ cm} \times 0,32 \text{ cm} \\ = 5,08 \text{ cm}^3$$

### **Fraksi Volume Serat 30% ( 20%+5%+5% dan 10%10%10%)**

- Uji Absorpsi Suara

$$30\% \times \text{Volume cetakan} = 30\% \times 78,5 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume serat} = 23,55 \text{ cm}^3$$

$$20\% \times \text{Volume cetakan} = 20\% \times 78,5 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume serat} = 15,7 \text{ cm}^3$$

$$10\% \times \text{Volume cetakan} = 10\% \times 78,5 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume serat} = 7,85 \text{ cm}^3$$

$$5\% \times \text{Volume cetakan} = 5\% \times 78,5 \text{ cm}^3 \\ \text{Volume serat} = 3,925 \text{ cm}^3$$

Massa serat ampas tebu untuk 20%

$$\rho = m/v \\ m = \rho v = 0,237 \text{ gr/cm}^3 \times 15,7 \text{ cm}^3 \\ = 3,72 \text{ gr}$$

Massa serat ampas tebu untuk 10%

$$\rho = m/v \\ m = \rho v = 0,237 \text{ gr/cm}^3 \times 7,85 \text{ cm}^3 \\ = 1,86 \text{ gr}$$

Massa serat ampas tebu untuk 5%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,237 \text{ gr/cm}^3 \times 3,925 \text{ cm}^3 \\ = 0,93 \text{ gr}$$

Massa bambu betung untuk 20%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 15,7 \text{ cm}^3 \\ = 3,97 \text{ gr}$$

Massa bambu betung untuk 10%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 7,85 \text{ cm}^3 \\ = 1,98 \text{ gr}$$

Massa bambu betung untuk 5%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 0,253 \text{ gr/cm}^3 \times 3,925 \text{ cm}^3 \\ = 0,99 \text{ gr}$$

Massa rami untuk 20%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 15,7 \text{ cm}^3 \\ = 23,55 \text{ gr}$$

Massa rami untuk 10%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 7,85 \text{ cm}^3 \\ = 11,78 \text{ gr}$$

Massa rami untuk 5%

$$\rho = m/v$$

$$m = \rho v = 1,5 \text{ gr/cm}^3 \times 3,925 \text{ cm}^3$$

$$= 5,89 \text{ gr}$$

- Uji kekuatan Lentur

Uji	Volume\ %	5%	10%	20%
Lentur	5.08	0.254	0.508	1.016

Spesimen Uji Lentur			
1			
	1a	1b	1c
R20	1.524	1.524	1.524
B5	0.060198	0.060198	0.060198
T5	0.064262	0.064262	0.064262
2			
	2a	2b	2c
R5	0.381	0.381	0.381
B20	0.240792	0.240792	0.240792
T5	0.064262	0.064262	0.064262
3			
	3a	3b	3c
R5	0.381	0.381	0.381
B5	0.060198	0.060198	0.060198
T20	0.257048	0.257048	0.257048
4			



	4a	4b	4c
<b>R10</b>	0.762	0.762	0.762
<b>B10</b>	0.120396	0.120396	0.120396
<b>T10</b>	0.128524	0.128524	0.128524

### Fraksi Volume PE

- Uji Absorpsi Suara

$$\begin{aligned}
 70\% \times \text{Volume cetakan} &= 70\% \times 78,5 \text{ cm}^3 \\
 &= 54,95 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\text{Volume serat} = 23,55 \text{ cm}^3$$

$$\rho = m/v$$

$$\begin{aligned}
 m &= \rho v = 1,2 \text{ gr/cm}^3 \times 54,95 \text{ cm}^3 \\
 &= 65,94 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

- Uji kekuatan Lentur

$$\begin{aligned}
 70\% \times \text{Volume cetakan} &= 70\% \times 5,08 \text{ cm}^3 \\
 &= 3,56 \text{ cm}^3
 \end{aligned}$$

$$\rho = m/v$$

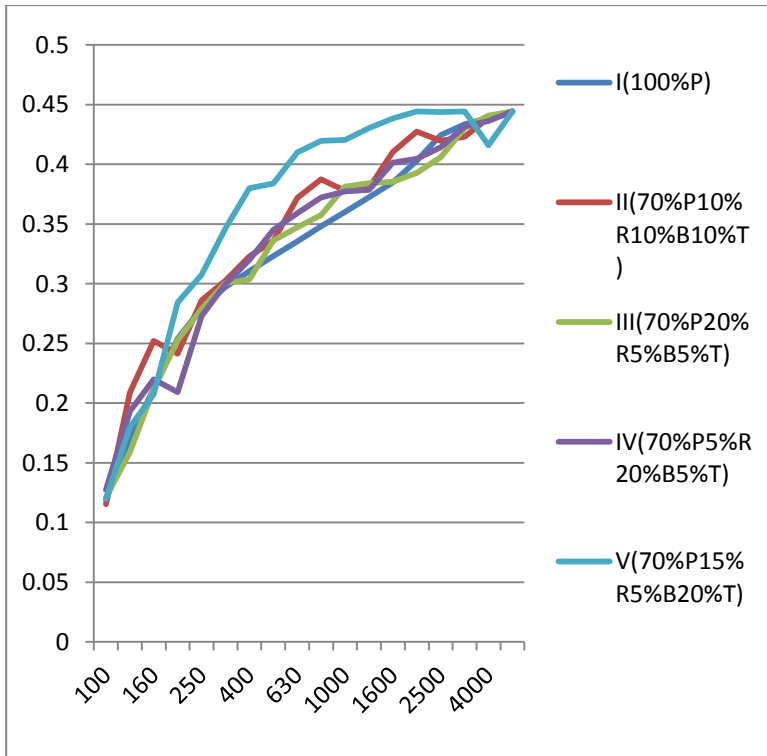
$$\begin{aligned}
 m &= \rho v = 1,2 \text{ gr/cm}^3 \times 3,56 \text{ cm}^3 \\
 &= 4,26 \text{ gr}
 \end{aligned}$$

## LAMPIRAN B

### HASIL PENGUJIAN

#### Hasil Pengujian Absorpsi Suara

Spesimen Komposit dengan komposisi (I) 100% polyester, (II) 70% polyester dengan 10% serat rami, 10% serat bambu, dan 10% serat tebu, (III) 70% polyester dengan 20% serat rami, 5% serat bambu, dan 5% serat tebu, (IV) 70% polyester dengan 5% serat rami, 20% serat bambu, dan 5% serat tebu, (V) 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu.



Rerata Hasil dari pengujian 2 permukaan spesimen

Freq(Hz)	Spesimen Uji ( $\alpha$ )				
	i	ii	iii	iv	v
<b>100</b>	0.118903	0.111276	0.120969	0.127507	0.104932
<b>125</b>	0.170245	0.168674	0.159117	0.193131	0.180052
<b>160</b>	0.212081	0.202161	0.211503	0.219836	0.183005
<b>200</b>	0.253953	0.241352	0.252618	0.165511	0.284284
<b>250</b>	0.279801	0.28609	0.278961	0.272996	0.279195
<b>315</b>	0.297301	0.302428	0.300685	0.254118	0.346137
<b>400</b>	0.310677	0.322909	0.303551	0.270778	0.379904
<b>500</b>	0.323182	0.334034	0.30462	0.345795	0.378253
<b>630</b>	0.33562	0.341967	0.320653	0.325588	0.410074
<b>800</b>	0.34824	0.353774	0.357543	0.33203	0.419599
<b>1000</b>	0.360291	0.369125	0.350132	0.346401	0.420369
<b>1250</b>	0.372495	0.381151	0.380755	0.355602	0.426594
<b>1600</b>	0.384847	0.393291	0.387373	0.396668	0.421573
<b>2000</b>	0.396782	0.400652	0.390694	0.409262	0.402828
<b>2500</b>	0.408707	0.415255	0.412385	0.426191	0.415114
<b>3150</b>	0.420634	0.425774	0.420001	0.417609	0.444286
<b>4000</b>	0.432559	0.434319	0.435202	0.439105	0.415918
<b>5000</b>	0.444444	0.444444	0.444444	0.444444	0.444444

	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	
I	Data 1	0.118903	0.170245	0.212081	0.253553	0.279901	0.297301	0.310677	0.323182	0.33562	0.34824	0.360791	0.372495	0.384947	0.396782	0.408707	0.420634	0.432559	0.444444
	Data 2	0.11532	0.163062	0.193039	0.224246	0.239916	0.249148	0.244957	0.276386	0.282144	0.286181	0.3107	0.347091	0.383666	0.403095	0.424504	0.433704	0.439042	0.444444
		0.117112	0.166654	0.17121	0.233194	0.259809	0.273225	0.277817	0.299784	0.308882	0.31721	0.335495	0.359793	0.384257	0.399938	0.416606	0.427169	0.435801	0.444444
II	Data 1	0.111276	0.168674	0.202161	0.241352	0.28609	0.302428	0.322909	0.34034	0.349167	0.353774	0.369125	0.381151	0.393291	0.400652	0.415255	0.425774	0.434319	0.444444
	Data 2	0.115389	0.208951	0.252221	0.175578	0.27251	0.269004	0.270456	0.335937	0.371976	0.387455	0.377999	0.380158	0.410363	0.427545	0.419658	0.423309	0.439088	0.444444
		0.113332	0.188832	0.227191	0.208465	0.2793	0.285756	0.296802	0.334986	0.356972	0.370614	0.373562	0.380654	0.401827	0.414098	0.417457	0.424542	0.436704	0.444444
III	Data 1	0.120969	0.159117	0.211503	0.252618	0.278961	0.300685	0.303551	0.30462	0.320653	0.357543	0.350132	0.380755	0.387373	0.396894	0.412385	0.420001	0.435202	0.444444
	Data 2	0.104922	0.151227	0.162585	0.22107	0.28338	0.281115	0.300929	0.3364	0.347227	0.338661	0.381407	0.38441	0.385257	0.392906	0.406118	0.430542	0.440816	0.444444
		0.112946	0.155172	0.187044	0.268944	0.28117	0.2909	0.30224	0.32053	0.33394	0.346102	0.365769	0.382582	0.386315	0.39318	0.409251	0.425271	0.438009	0.444444
IV	Data 1	0.127507	0.193131	0.219836	0.165511	0.27296	0.254118	0.270778	0.345795	0.325588	0.33203	0.346401	0.355602	0.396668	0.409562	0.426191	0.417609	0.439105	0.444444
	Data 2	0.105404	0.137799	0.195552	0.093331	0.255235	0.294963	0.19894	0.345078	0.339239	0.371218	0.377247	0.378663	0.401524	0.404707	0.414286	0.431736	0.436365	0.444444
		0.116456	0.165465	0.206694	0.187372	0.264115	0.276801	0.295336	0.345437	0.342914	0.352074	0.361824	0.367083	0.390966	0.406994	0.420239	0.424673	0.437735	0.444444
V	Data 1	0.104932	0.180052	0.183005	0.284034	0.279155	0.346137	0.379904	0.378253	0.410074	0.419599	0.420369	0.426594	0.425173	0.402828	0.415114	0.444706	0.415918	0.444444
	Data 2	0.12001	0.16596	0.207317	0.258242	0.307498	0.338017	0.366322	0.384126	0.399024	0.408068	0.417793	0.4305	0.438583	0.444444	0.44382	0.437274	0.416541	0.378668
		0.112471	0.173006	0.195161	0.271263	0.293346	0.342077	0.373113	0.38119	0.404549	0.413833	0.419081	0.428547	0.430078	0.423636	0.429467	0.44078	0.416229	0.411556

## Hasil Pengujian Kekuatan Lentur

	<b>Kementerian Perindustrian REPUBLIK INDONESIA</b>	<b>BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI BARISTAND INDUSTRI SURABAYA</b> Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480 <a href="http://barsindisurabaya.kemendperin.go.id/">http://barsindisurabaya.kemendperin.go.id/</a>
<b>LAPORAN PENGUJIAN</b> Test Report No. 1163/LHU/3/IV/2016		
<b>NO. ANALISA</b> Analisa No.	:	P. 1015 – P 1019
<b>KOMODITI</b> Commodity	:	Komposit
<b>DIBUAT UNTUK</b> Executed For	:	MUH. DEDE
<b>ALAMAT</b> Address	:	Jl. Arif Rahman Hakim No. 12 Surabaya – Jawa Timur
<b>DITERIMA TANGGAL</b> Received Date	:	28 Maret 2016
<b>URAIAN SAMPEL</b> Detail of Sample	:	Telah diterima 10 (sepuluh) buah sample Komposit dengan data sebagai berikut : a. Bentuk : Benda uji b. Keadaan luar : Baik c. Kode : I a/d V Sampel tersebut diatas telah dilakukan pengujian dengan parameter uji Lentur sesuai permintaan
<b>TANGGAL PENGUJIAN</b> Tested Date	:	4 April 2016
<b>METODE UJI</b> Test Method	:	-
<b>METODE PENGAMBILAN CONTOH</b> Sampling Method	:	-
<b>HASIL PENGUJIAN</b> Test Result	:	Terlampir
<b>DITERBITKAN TANGGAL</b> Issued Date	:	04 April 2016



Kepala Seksi  
Standardisasi dan Sertifikasi  
  
Budi Setiawan ST, MM  
NIP. 198008042003121007

Jumlah 1 dari 2  
Page 1 of 2

Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas  
aporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan  
deDok : FM – 7.09.02 1/0

**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN INDUSTRI  
BALAI RISET DAN STANDARDISASI INDUSTRI SURABAYA  
LABORATORIUM PENGUJIAN DAN KALIBRASI  
BARISTAND INDUSTRI SURABAYA**

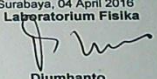
Jl. Jagir Wonokromo No. 360 Surabaya (60244), Telp. (031) 8410054, Fax. (031) 8410480  
<http://baristandsurabaya.kemenperin.go.id/>

Nomor Analisa : P. 1015 – P. 1019  
Jenis Sampel : Komposit  
Kode : I - V

No. Analisa	Ukuran Benda Uji				Jarak Tumpu (cm)	Hasil Uji	
		Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)		Beban Lentur (kg)	Kuat Lentur (kg/cm <sup>2</sup> )
P. 1015 I	A	12,5	1,43	0.1450	10	1,449	724,50
	C	12,5	1,365	0.1075	10	1,32	1257,14
P. 1016 II	A	12,5	1,055	0.1525	10	0,084	51,32
	B	12,5	1,385	0.2800	10	1,29	178,18
P. 1017 III	A	12,5	1,335	0.4400	10	1,98	113,88
	B	12,5	1,375	0.4200	10	1,44	89,05
P. 1018 IV	A	12,5	1,40	0.2050	10	0,79	201,36
	B	12,5	1,34	0.2700	10	1,11	170,42
P. 1019 V	A	12,5	1,32	0.2000	10	1,02	289,77
	B	12,5	1,46	0.2200	10	1,1	233,55

Catatan : - Sampel diuji sesuai permintaan

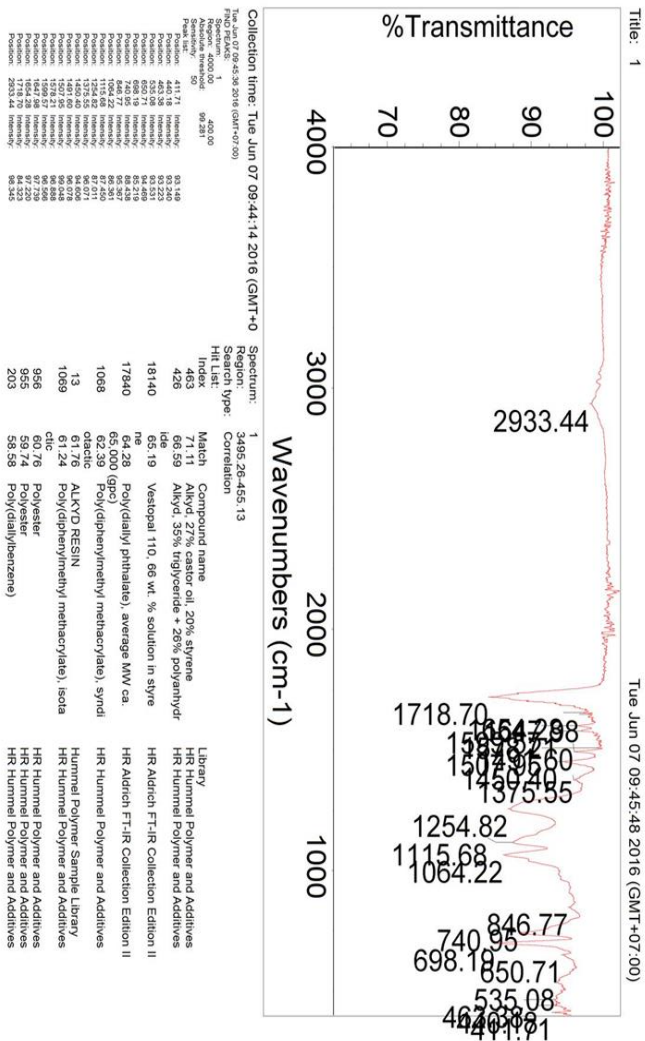
Surabaya, 04 April 2016  
Laboratorium Fisika

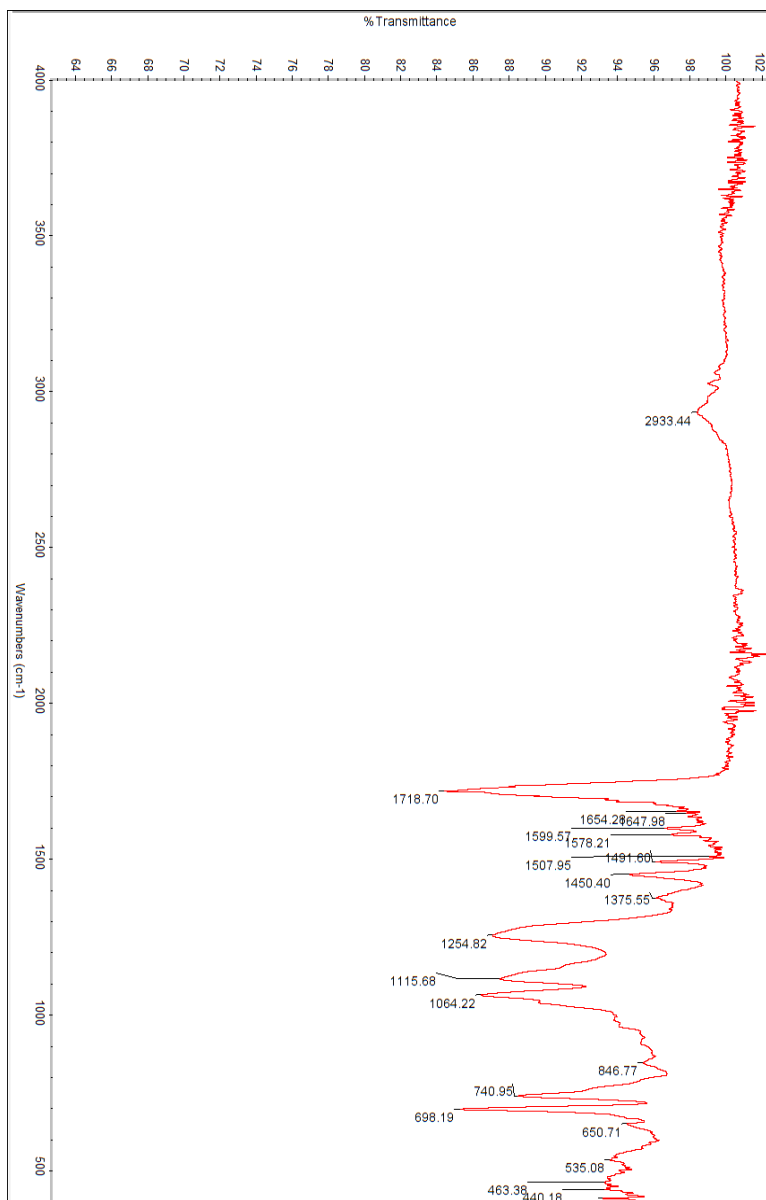
  
**Djumhanto**  
NIP.195808101981031005

Halaman 2 dari 2  
Page 2 of 2

Perhatikan :  
Laporan Hasil Uji hanya berlaku untuk contoh diatas  
Laporan Hasil Uji ini tidak boleh digandakan  
KodeDok : FM – 7.09.02 1/0

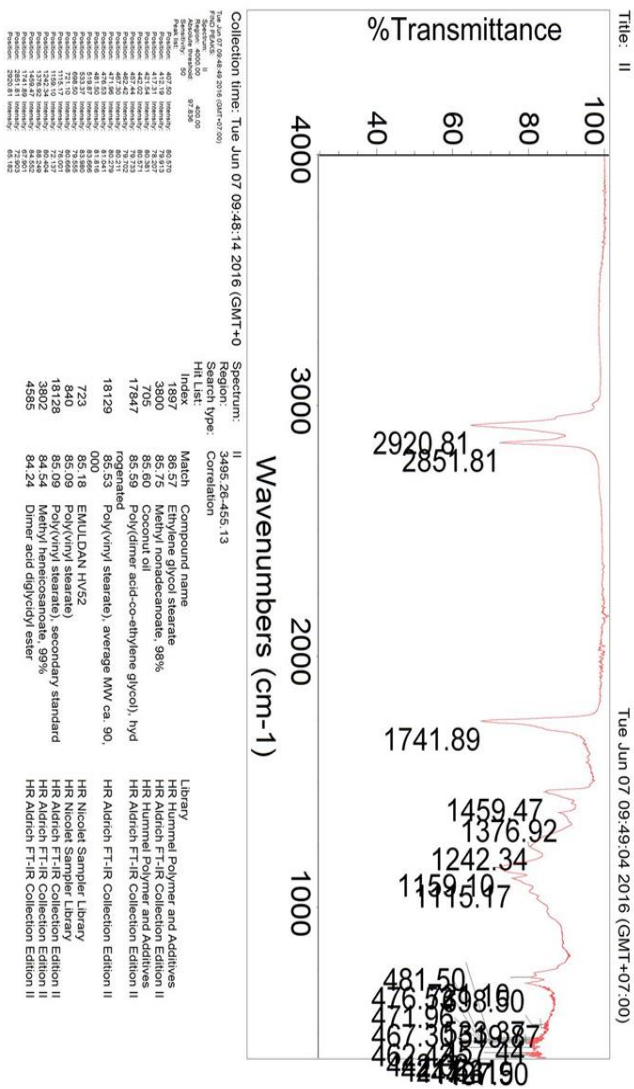
Hasil Pengujian FIIR  
Spesimen I

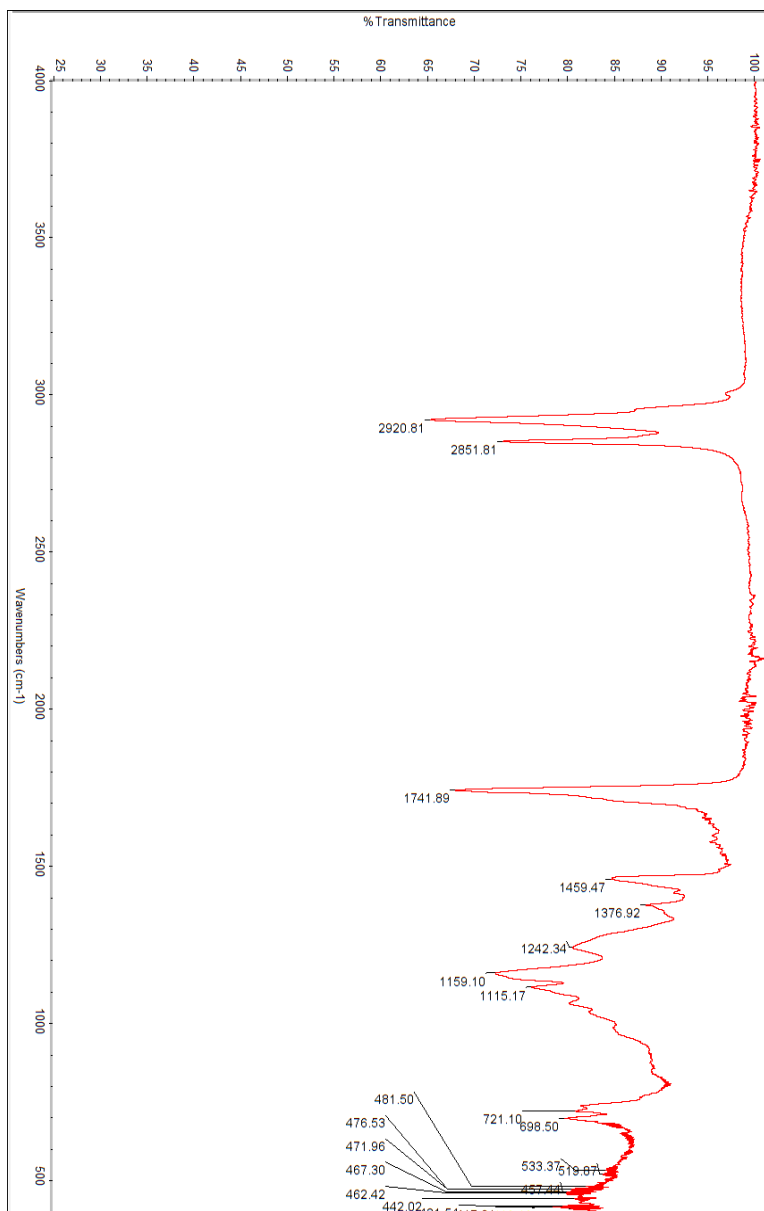




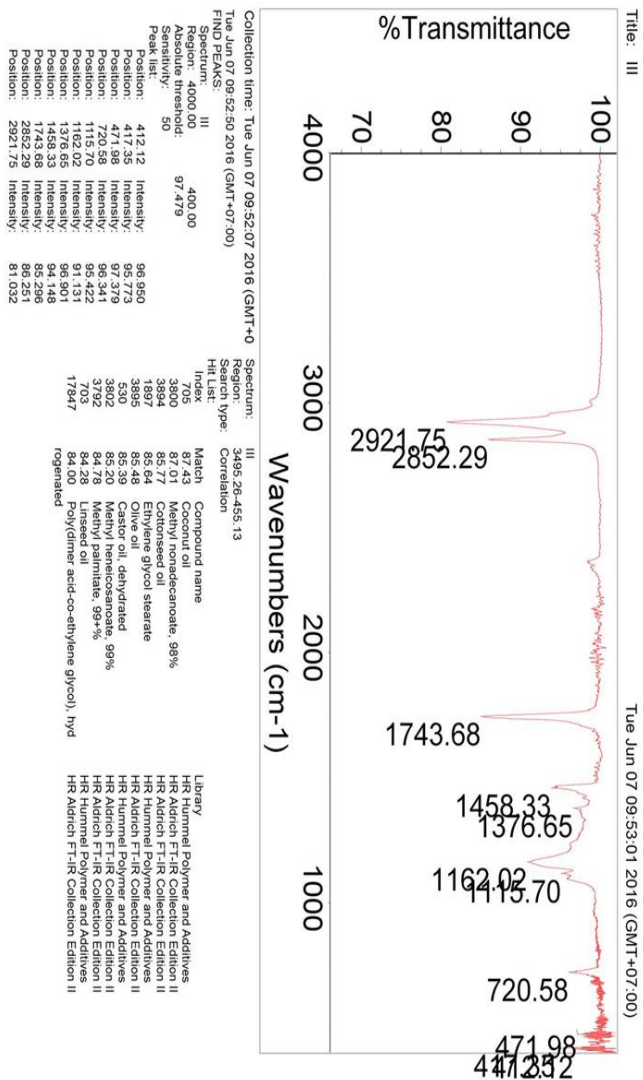


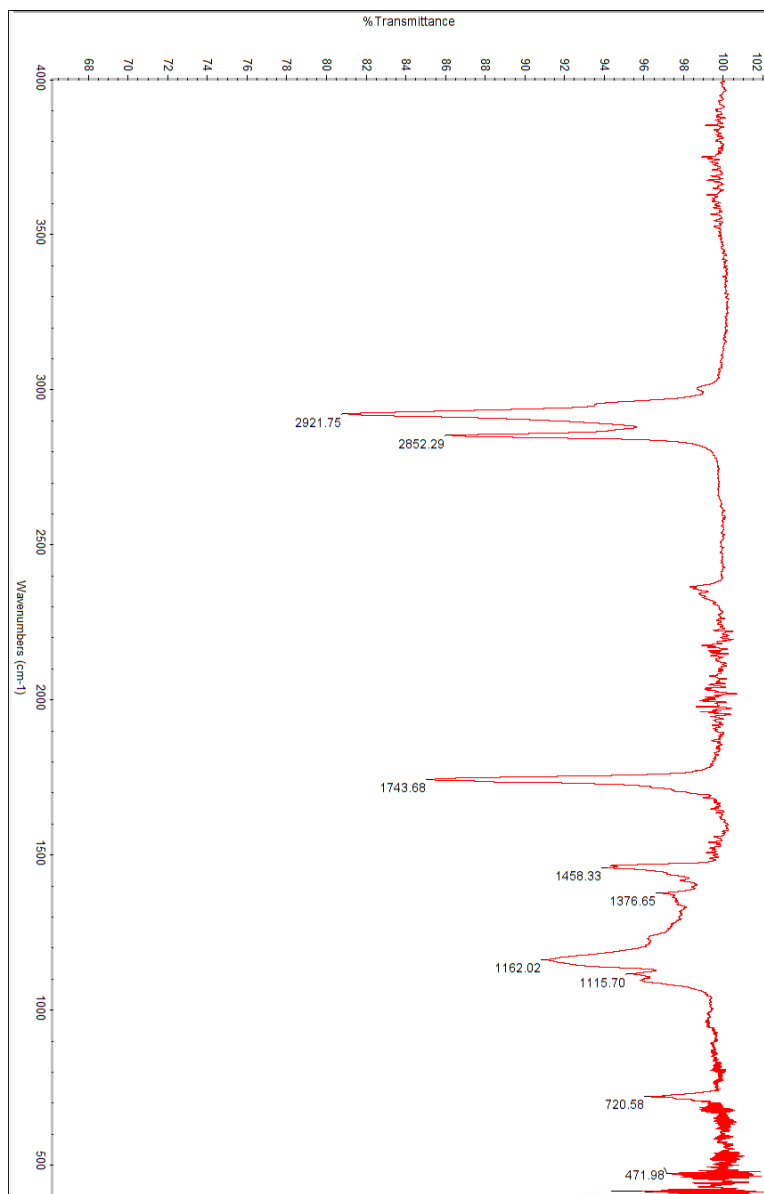
Spesimen II



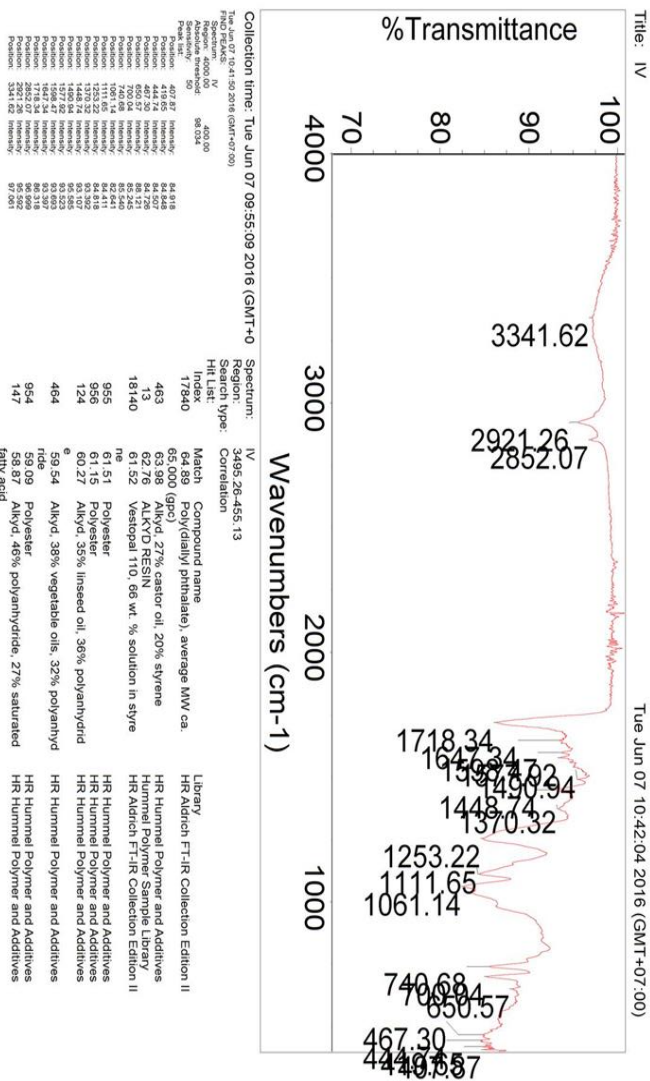


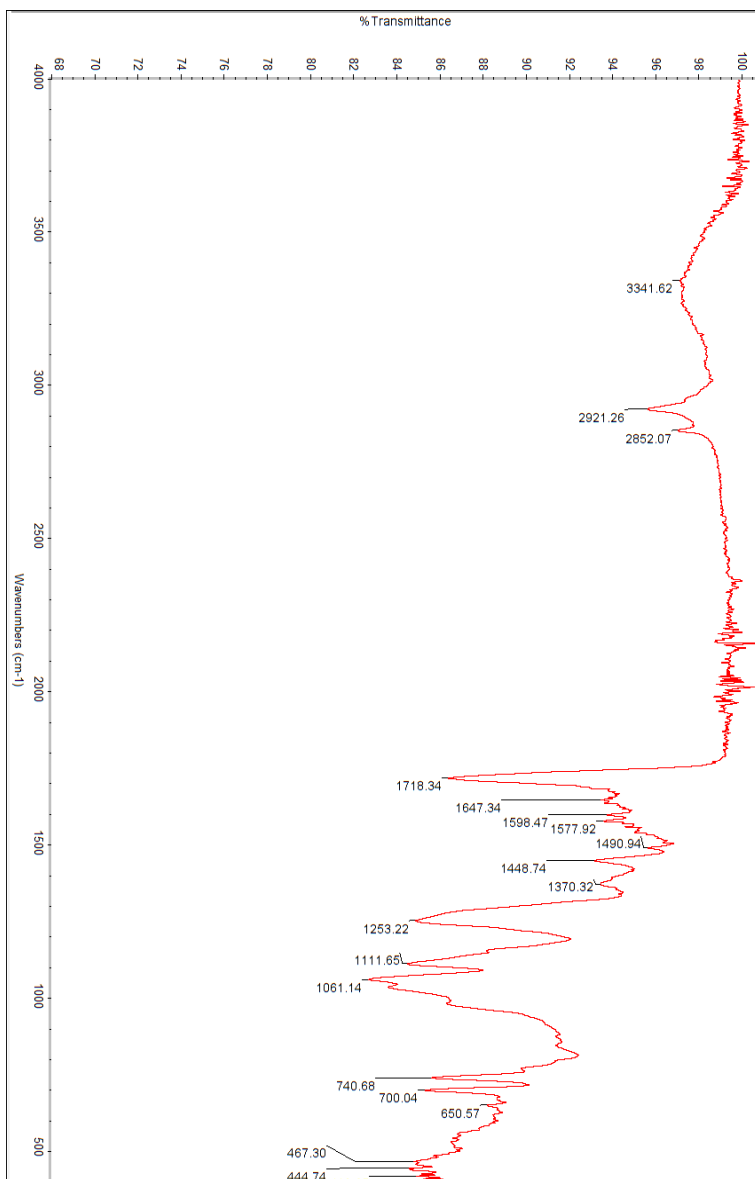
## xxxii



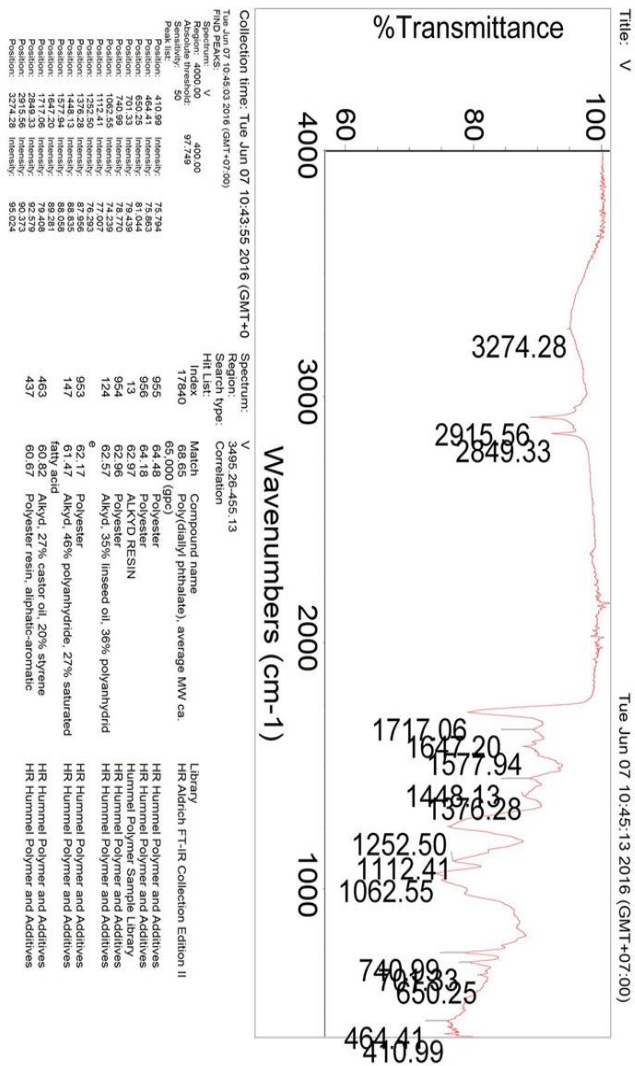


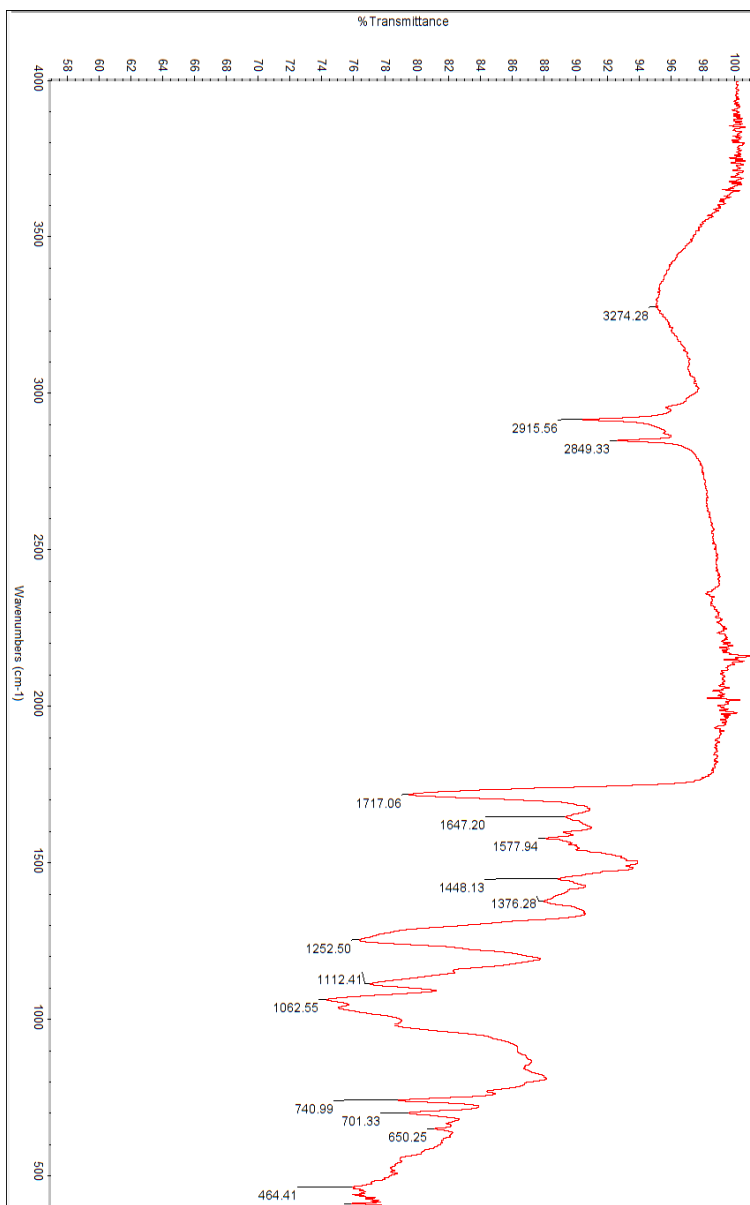
## Spesimen IV





## Spesimen V







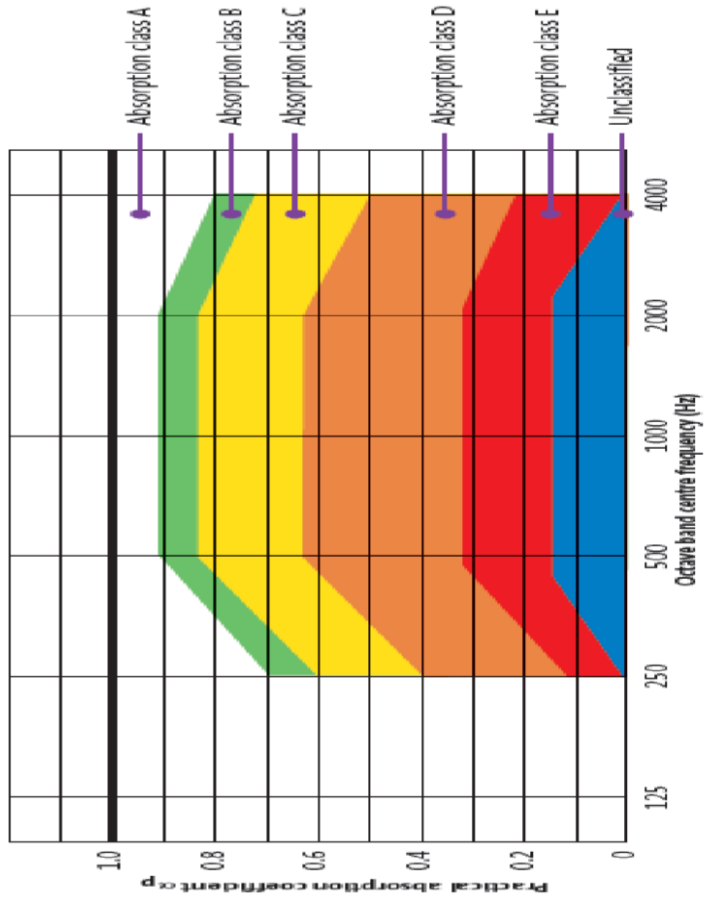
### Hasil Pengujian Densitas

spesime n	massa	diamete r	tebal	volume	massa jenis
				74.3182	1.03231
1	76.72	9.73	1	3	7
				75.5453	1.03063
2	77.86	9.81	1	4	9
				73.5563	1.04899
3	77.16	9.68	1	8	1
				75.6994	0.91823
4	69.51	9.82	1	3	7
				74.6240	0.92945
5	69.36	9.75	1	6	9


## LAMPIRAN C STANDARDISASI

### Absorpsi Suara : ISO 11654:1997

Figure 5.4 - Absorption classes from BS EN ISO 11654:1997



### Kekuatan Lentur ASTM D790

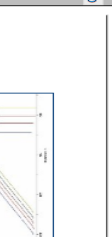



**ASTM and ISO specify somewhat different parameters for this test**

[Click on the picture for a larger size](#)

**To request a quote for this test or others**

[Click Here](#)





**Scope:**

The flexural test measures the force required to bend a beam under three point loading conditions. The data is often used to select materials for parts that will support loads without flexing. Flexural modulus is used as an indication of a material's stiffness when flexed. Since the physical properties of many materials (especially thermoplastics) can vary depending on ambient temperature, it is sometimes appropriate to test materials at temperatures that simulate the intended end use environment.

**Test Procedure:**

Most commonly the specimen lies on a support span and the load is applied to the center by the loading nose producing three point bending at a specified rate. The parameters for this test are the support span, the speed of the loading, and the maximum deflection for the test. These parameters are based on the test specimen thickness and are defined differently by ASTM and ISO. For ASTM D790, the test is stopped when the specimen reaches 5% deflection or the specimen breaks before 5%. For ISO 178, the test is stopped when the specimen breaks. Of the specimen does not break, the test is continued as far as possible and the stress at 3.5% (conventional deflection) is reported.

**Elevated or Reduced Temperature Test Procedure:**

A thermal chamber is installed on the universal test machine. The chamber is designed to allow the test mounts from the base and crosshead of the universal tester to pass through the top and bottom of the chamber. Standard test fixtures are installed inside the chamber, and testing is conducted inside the controlled thermal environment the same as it would be at ambient temperature. The chamber has internal electric heaters for elevated temperatures and uses either gas as a coolant for reduced temperatures.

**Specimen size:**

A variety of specimen shapes can be used for this test, but the most commonly used specimen size for ASTM is 3.2mm x 12.7mm x 125mm (0.125" x 0.5" x 5.0") and for ISO is 10mm x 4mm x 80mm.

**Date:**

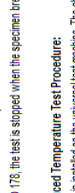
Flexural stress at yield, flexural strain at break, flexural stress at break, flexural strain at break, flexural stress at 3.5% (ISO) or 5.0% (ASTM) deflection, flexural modulus, Stress/Strain curves and raw data can be provided.

**Equipment Used:**

Universal Tester

**Online aad ini**

**Berapa batang korek yang anda lihat?**



3

6

9

Jawab sekiranya dan menangkan Blackberry Q10!

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Nilai  $\alpha$  pada spesimen material komposit dalam menyerap suara tergolong baik ketika berada pada frekuensi tinggi, sebesar 0,36-0,44 pada frekuensi 1000 Hz – 4000 Hz. Dengan 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu mempunyai nilai  $\alpha$  yang cenderung lebih tinggi dan lebih stabil di berbagai frekuensi suara yang diberikan
2. Material biokomposit dengan kekuatan lentur tertinggi terdapat di komposisi dengan dominasi tebu, dengan kekuatan lentur mencapai 261,66 Kg/cm<sup>2</sup> mempunyai komposisi 70% polyester dengan 5% serat rami, 5% serat bambu, dan 20% serat tebu.
3. Pada komposit tidak terbentuk ikatan antara matriks dan reinforcement secara atomic atau mikroskopis.
4. Morfologi biokomposit yang mempunyai porositas meningkatkan nilai  $\alpha$ , dan mengurangi kekuatan lenturnya.

#### **5.2 Saran**

1. Distribusi dan pemerataan serat agar sangat diperhatikan agar tidak terjadi kejenuhan di suatu bagian.



2. Ukuran serat yang berbentuk serbuk mempengaruhi aspek rasionya sehingga sebaiknya ukuran butir serbuk dibuat lebih homogen.

## DAFTAR PUSTAKA

- ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system*. ASTM Subcommittee E33.01
- Ackerman E., Lynda B. M. Ellis, Lawrence E. Williams, 2008. “Ilmu Biofisika (terjemahan; Redjani, Abdulbasir)”, Surabaya: Airlangga University.
- Agung, Muhammad dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Alldi, Nurisiyantoro dan Moh. Farid. 2015. *Pengaruh Komposisi Serat Bambu Betung dan Ampas Tebu Terhadap Morfologi Komposit Bermatriks Gypsum sebagai Aplikasi Sound Absorption Material*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Andrea Rinaldi (November 7, 2006). "*Saving a fragile legacy. Biotechnology and microbiology are increasingly used to preserve and restore the worlds cultural heritage*". Embo Report 7 (11): 1075–1079.
- Arfie., Bambang, K., Muhammad K., 2010. “*Analisis Kekuatan Tarik Komposit Serat Bambu Laminat Helai dan Wooven yang Dibuat dengan Metode Manufaktur Hand Lay-Up*”. Palembang :SNTTM ke-9 Hal. 35-42.

ASM Metal Handbook Vol. 21

ASTM-E1050-98. *Standard test method for impedance and absorbtion of acoustical material using a tube, two microphones, and digital frequency analysis system.* ASTM Subcommittee E33.01

ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.*

Berger, J. 1969. *Fibre crops; their cultivation and manuring.* Zurich : Centre d'Etude de l' Azote.

Bruel & Kjaer.1986.*Noise Control Principles and Practices 2nd Edition.* Denmark: Naerum Offset.

Buxton A, Greenhalgh P. 1989. Ramie, short lived curiosity or fibre of the future. *Textile Outlook International* : 62-71.

Casey, J.P., 1980. *Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. Vol I: Pulping and Bleaching Third Edition.* Wild Interscience Publication. New York.

Doelle, L. L. 1972. *Akuistik Lingkungan.* Jakarta: Erlangga.

Farid, M., T.Heriyanto, 2013. *Correlation of Normal Incidence Sound Absorption Coefficient (NAC) and Random Insidence Sound Absorption Coefficient (RAC) of Polyester/Ramie Fibre Composite Materials,* Advance Material Research, Vol.789, pp.269-273.

Farid, M., H. Ardhyanta, V. M. Pratiwi, S. P Wulandari, 2015. *Correlation between Frequency and Sound Absorption*

- Coefficient of Polymer Reinforced Natural Fibre*. Advanced Materials Research. Vol.1112, pp. 329-332.
- Farrelly, David (1984). *The Book of Bamboo*. Sierra Club Books. ISBN 087156825X.
- Giancoli D.C., 1998. *Fisika*, Penerjemah Yuhilsa Hanum, Jakarta : Penerbit Erlangga.
- Gibson, R. F. 1994. *Principles of Composite Material*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Hartomo, A.J., A. Rusdiharsono, dan D. Hardjanto. 1992. *Memahami Polimer dan Perekat*. Yogyakarta : Andi Offset.
- Haygreen, J. G. dan J. L. Bowyer. 1996. *Hasil Hutan dan Ilmu Kayu*, Terjemahan. Gadjah Mada University: Yogyakarta.
- Howard R.L., E. Abotsi, E.L.J. van Rensburg and S. Howard. 2003. *Lignocellulose biotechnology: issues of bioconversion and enzyme production*. Afr. J. Biotechnol. 2.
- Ikhsan, Sugiyanto dan Zulhanif. 2013. *Perilaku Creep Pada Komposit Polyester Dengan Serat Kulit Bambu Apus*. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung
- Jian-feng Ma, Wu-yi Chen, Ling Zhao, and Da-hai Zhao, *Elastic Buckling of Bionic Cylindrical Shells Based on Bamboo*, Journal of Bionic Engineering 5 (2008 : 231-238)
- Jones, Robert M. 1999. *Mechanics of Composite Materials 2<sup>nd</sup> Edition*. Philadelphia : Taylor and Francis, Inc.



Jumaeri dkk, (1979), *Pengetahuan Barang Tekstil*, Institut Teknologi Tekstil, Bandung

Lavarack, B.P., Griffin, G.J., Rodman, D., 2002. *The acid hydrolysis of sugarcane bagasse hemicellulose to produce xylose, arabinose, glucose and other products. Biomass Bioenerg.*

Mahajan R Sharad , dan Bapad Vilas Prasad. 2013. “Specialized Noise Control Materials in Automotive Industry”. International Journal of Emerging Science and Engineering. 2 : 35-41

Mattias J. Schuler (1981). "Part 8: Dyeing with disperse dyes". Dyeing Primer. AATCC. p. 21. GGKEY:SK3T00EYAFR.

Mediastika, E Christina. 2009. *Material Akustik Pengendali Kualitas Bunyi pada Bangunan*. Yogyakarta.

Peter, S. T. 2002. *Composite Materials and Processes*. In: Harper, C. A. Ed. *Handbook of Plastics, Elastomers, & Composites*. 4th ed. N. Y.: McGraw-Hill Companies, Inc

Ramdhani MA. 1994. “*Biopulping, Pemanfaatan Fungi White Rot sebagai Rekayasa Proses Alternatif Industri Pulp dengan Bahan Baku Kayu Sengon*”. Bogor : Skripsi Fateta IPB.

Roach, Mary .1996.*The Bamboo Solution: Tough as steel, sturdier than concrete, full-size in a year*. Discover Magazine. 1 June 1996. Retrieved 7 December 2013.

Rosato, Dominick V.; Rosato, Donald V.; Rosato, Matthew V. (2004). *Plastic product material and process selection handbook*. Elsevier. p. 85. ISBN 978-1-85617-431-2.

- Rottke, Evelin. 2002. *Mechanical Properties of Bamboo*. RWTH Aachen University. Faculty of Architecture. Aachen, North Rhine-Westphalia, Germany. Section 3, page 11 and Section 4, page 11. 27 October 2002. Retrieved 7 December 2013.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Suban, Stefanus Laga dan Moh. Farid, 2015. *Pengaruh Variasi Komposisi Serat Terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Perilaku Mekanik Pada Komposit Serat Ampas Tebu Dan Bambu Betung Dengan Matriks Gypsum*. Tugas Akhir Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS Surabaya.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya : itspress.
- Widya dan Euis. (2008). *Analisis Morfologi Serat dan Sifat Fisis-Kimia pada Enam Jenis Bambu sebagai Bahan Baku Pulp dan Kertas*. Bogor : Jurnal Ilmu dan Teknologi Hutan
- Wirajaya A. 2007. *Karakteristik Komposit Sandwich Serat Alami Sebagai Absorber Suara*. ITB BANDUNG

*( halaman ini sengaja dikosongkan )*



## **BIODATA PENULIS**

Penulis bernama M. Dede Pramono lahir di Curup pada tahun 1994. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara oleh pasangan M. Amin dan Tuti Rahayu . Pendidikan yang penulis tempuh bermula dari TK Al-Quran Rabbi Rhadiyah (1998-1999), SDN 41 Curup (1999-2005), SMPN 5 Lubuklinggau (2005-2008), SMAN 1 Curup (2008-2011), dan dari 2011 sampai sekarang di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS Surabaya. Masuk melalui jalur SNMPTN Undangan. Penulis melakukan kerja praktek di PT. PINDAD Persero, Bandung, Jawa Barat. Penulis mengambil studi pada bidang material inovatif khususnya material komposit sebagai tugas akhir di jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS. Penulis pernah aktif dalam organisasi di Unit Kegiatan Mahasiswa WE&T ITS (Workshop, Entrepreneurship & Technology). Untuk menghubungi penulis dapat melalui email [dedepramono14@yahoo.com](mailto:dedepramono14@yahoo.com) atau nomer telepon 085669492754